This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE

1672/125+
4 vols.
C 3/16
SO not

Q
I
S

Sigaud-Lafond, Joseph Aignan

ÉLÉMENS DE PHYSIQUE

THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE,

Pour servir de suite à la Description & Usage d'un Cabinet de Physique expérimentale, 2 vol. *in*-8°. avec figures.

Par M. SIGAUD DE LA FOND,

Ancien Professeur de Mathématiques, Démonstrateur de Physique expérimentale en l'Université; de la Société Royale des Sciences de Montpellier, des Académies d'Angers, de Baviere, de Valladolid, de Florence, de Saint-Pétersbourg, &c. &c.

4 vol. *in*-8°. avec figures, br. 24 liv.

TOME PREMIER.

A PARIS,

Chez P. Fr. GUEFFIER, Libraire-Imprimeur, au bas de la rue de la Harpe, à la Liberté.

M. DCC. LXXVII.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.

History
Rare
10-2
249
4 vol.

A

SON ALTESSE SÉRÉNISSIME

MONSEIGNEUR

CHARLES THÉODORE,

Comte Palatin du Rhin, Archi-Tréſorier, & Electeur du Saint-Empire, Duc de Baviere, Juliers, Cleves, & Berg, Prince de Mœurs, Marquis de Berg-op-zoom, Comte de Veldentz, Sponheim, de la Marck, & de Ravenſperg, Seigneur de Raveinſtein, &c. &c.

5-18-34. Mars

MONSEIGNEUR,

LA protection ſinguliere que votre ALTESSE SÉRÉNISSIME ÉLECTORALE *accorde aux Arts & aux Sciences qu'Elle a appellés de toutes parts dans ſes Etats ;*

qu'Elle encourage continuellement; qu'Elle fait fleurir en tous genres, & qu'Elle cultive Elle-même, avec la plus grande diſtinction, m'enhardit à lui préſenter l'hommage d'un Ouvrage dont Elle a daigné accueillir favorablement le projet. C'eſt, MONSEIGNEUR, le développement de celui que j'offris, l'année derniere, à votre ALTESSE SÉRÉNISSIME ELECTORALE. Il contient les Elémens d'une Science qu'Elle aime, & à laquelle Elle donne les momens qu'Elle peut dérober à des travaux plus ſérieux & plus relatifs au bonheur de ſes Sujets. Il renferme les théories des expériences que votre ALTESSE voit avec plaiſir. Faites en partie avec des machines de ma conſtruction, Elle a paru ſatisfaite de leur exactitude. Puiſſe-t-Elle l'être également de l'Ouvrage que j'oſe lui offrir comme le témoignage du profond reſpect avec lequel je ſuis,

MONSEIGNEUR,

De votre ALTESSE SÉRÉNISSIME ÉLECTORALE,

Le très-humble & très-ſoumis
ſerviteur, SIGAUD DE LA FOND.

AVERTISSEMENT.

J'IMPRIMAI, en 1767, des Leçons de Phyſique, en deux volumes *in*-12. L'accueil favorable que le Public daigna leur faire, me rendit cet Ouvrage plus précieux, & je me propoſois de le faire réimprimer, avec des additions conſidérables. C'étoit encore mon projet, lorſque je publiai, en 1775, la Deſcription & l'uſage d'un Cabinet de Phyſique expérimentale : mais en raſſemblant les matériaux que j'avois recueillis par un travail de huit ans, j'ai vu qu'il ne me ſeroit pas facile de les fondre dans ce petit Ouvrage, & que d'ailleurs ſa diſtribution ne s'accommoderoit nullement aux nouvelles matieres que je me propoſois d'y inſérer. J'ai encore obſervé que mes Leçons de Phyſique étoient chargées de quantité de démonſtrations géométriques & de calculs algébriques qui les rendoient trop difficiles à la plupart des Amateurs qui ſuivent mes Cours. Je me ſuis donc déterminé à les laiſſer dans le même état, & à faire un Ouvrage entiérement neuf, beaucoup plus étendu, plus à la portée du commun des Lecteurs, & dans lequel on trouvât, malgré cela, les ſecours que la Phyſique peut emprunter du calcul & de la Géométrie, les applications qu'on peut faire des principes de cette ſcience, aux principales théories-chymiques, celles qui ont rapport à différentes fonctions de l'économie animale, deux objets également importans par eux-mêmes, & dignes de l'at-

tention du Phyſicien. C'eſt ce que j'ai tâché d'exécuter dans l'Ouvrage que j'offre aujourd'hui au Public, en quatre volumes *in*-8.

J'ai obſervé, dans celui-ci, la même diſtribution des matieres que j'ai ſuivie dans la Deſcription & Uſage d'un Cabinet de Phyſique, parce qu'elle m'a paru plus méthodique, & qu'elle ſe prête plus facilement à la multitude de queſtions que je me ſuis propoſées de traiter. Elle a encore cet avantage, que chaque objet étant renfermé ſous la même indication, on trouvera plus facilement, dans le précédent, les appareils que je ne ferai qu'indiquer, pour donner une idée ſimple & préciſe des expériences que j'emploierai en preuves des vérités que j'aurai à établir; ce qui deviendra plus commode à ceux qui voudront connoître plus particuliérement la ſtructure de ces appareils, & la maniere de faire les expériences. J'ai cependant été obligé de faire graver ici quelques nouvelles machines, dont je n'avois point fait mention dans mon premier Ouvrage, afin d'éviter la dépenſe d'un ſupplément qui ſeroit devenu néceſſaire.

Ceux qui connoîtront l'ordre du précédent, & qui voudront le lire d'une maniere plus inſtructive, trouveront plus facilement auſſi les articles ſur leſquels ils deſireront un développement plus étendu; de ſorte que ces deux Ouvrages ſe prêteront de mutuels ſecours.

Quant à la partie mathématique, & à celle qui concerne les applications relatives aux théories chymiques, & aux fonctions de l'économie animale, j'ai cru devoir, pour la commodité de mes Lecteurs, les renvoyer

en notes à la fin de chaque volume; ce qui m'a procuré la facilité de pouvoir m'étendre davantage sur des objets aussi intéressans. Ceux qui ne seront point versés dans l'étude des Mathématiques; ceux qui ne prendront aucun intérêt aux théories chymiques, ni aux fonctions de l'économie animale, ne seront point arrêtés dans le cours de l'Ouvrage. Ils laisseront les notes de côté, ou ils ne consulteront que celles qui pourront leur être agréables. Tel est, en peu de mots, le plan de cet Ouvrage.

Le premier volume traite des principes des mixtes, des loix générales de la Nature, des propriétés des corps, & du mouvement. En considérant l'attraction comme une des loix de la Nature, j'ai cru qu'il seroit possible de ramener tous les phénomenes qui y ont rapport, à une seule & unique loi. Cette idée n'est pas neuve; elle avoit déja été proposée, & je suis toujours surpris de ce qu'on ne l'a pas approfondie davantage. J'ai donc cru devoir la faire revivre, & parce qu'elle répond davantage à la simplicité des opérations de la Nature, & parce qu'elle paroît fondée sur nombre d'observations que je soumets à l'examen des Physiciens.

L'attraction conduit naturellement aux phénomenes des affinités chymiques, qui ne sont eux-mêmes que des modifications particulieres de cette loi générale. Je me suis donc déterminé à en donner, dans le corps de l'Ouvrage, une idée suffisamment étendue. Cet article ne se trouve point déplacé; car il ne suppose aucune connoissance de Chymie, & il est entiérement physique.

J'ai cru pareillement, après avoir développé tout ce qui concerne la peſanteur, devoir rappeller une queſtion qui fit, dans ſon temps, beaucoup de bruit dans l'Ecole, & qui partagea ſinguliérement les opinions des plus célebres Phyſiciens; c'eſt la queſtion des *forces vives*. On ſait avec quelle opiniâtreté elle fut traitée, & combien on publia d'Ouvrages pour & contre, dont la plupart ne ſervirent qu'à obſcurcir la matiere, & à rendre la ſolution de la difficulté plus difficile. Il ne s'agiſſoit cependant que d'une queſtion de nom, & qui ne méritoit nullement les travaux qu'elle occaſionna. Je l'ai miſe dans tout ſon jour, & je me flatte qu'on la trouvera traitée d'une maniere ſatisfaiſante.

Le ſecond volume comprend la théorie des machines, l'hydroſtatique & l'eau. J'ai traité la premiere de ces parties avec toute la clarté qu'il m'a été poſſible d'y mettre, & d'une maniere aſſez étendue pour qu'on puiſſe juger de l'efficacité d'une machine. J'ai ajouté, à la ſuite de cet article, des obſervations ſur les cordes, & je penſe qu'on ne peut trop étudier leur influence ſur les machines. Il eſt nombre de circonſtances où elles produiſent des effets qui méritent la plus grande attention. J'ai expoſé à la ſuite de l'hydroſtatique, les phénomenes des tubes capillaires, & les principales opinions qu'on a imaginées pour expliquer ces phénomenes ſinguliers. J'ai ajouté à celles dont j'ai déjà parlé précédemment, celle que M. *de Lalande* propoſa en 1770, dans le Journal des Savans. C'eſt, ſans contredit, la mieux fondée;

celle qui satisfait davantage à la multitude de phénomenes qu'on doit expliquer.

Le troisieme volume est entiérement consacré à l'air. J'y considere ce fluide, & comme principe, & comme mixte. Sous le premier de ces deux rapports, il me fournit des observations importantes sur l'air fixe, & sur les usages auxquels on peut l'employer : mais cette matiere, encore neuve en Physique, mériteroit seule un traité particulier. Je crois cependant l'avoir fait suffisamment connoître, pour mettre le Lecteur à portée de suivre les nouvelles découvertes qu'elle offre à sa curiosité. Je donne à la fin du volume, & en forme de supplément, la description des nouveaux appareils que nous venons de faire pour manœuvrer, avec beaucoup plus de facilité, toutes les expériences de ce genre. Mon Ouvrage étoit trop avancé pour y insérer cet article.

Le quatrieme volume renferme un traité du feu, assez étendu, & tout ce qui concerne la lumiere, l'électricité, & l'aimant.

J'ai considéré le feu comme principe des corps, c'est-à-dire, dans un état de combinaison, & comme libre, ou dégagé de toute combinaison. Ces deux aspects m'ont fourni des observations plus importantes les unes que les autres. On y trouvera l'explication d'un phénomene bien singulier, & qui a occupé, pendant long-temps, les recherches des plus célebres Chymistes ; savoir, l'excès de poids qu'on remarque dans les chaux métalliques. J'ai donné une idée des opinions qui ont eu le plus de crédit, & j'ai cru devoir m'en tenir à celle qui fait dépendre cet effet de

l'abſorption de l'air dans l'acte de la calcination.

J'ai donné à ce qui concerne l'électricité toute l'étendue dont elle eſt actuellement ſuſceptible, & j'ai raſſemblé ſur la théorie de *Franklin*, dont la certitude ſe manifeſte de plus en plus, des preuves auxquelles il n'eſt pas poſſible de ſe refuſer. J'ai parlé des applications heureuſes qu'on a ſu faire de ce fluide, & des moyens différens de l'appliquer ſur-tout à l'économie animale.

Pour ne rien laiſſer à deſirer ſur cette importante partie de la Phyſique, j'ai raſſemblé, dans un appendix, pluſieurs objets qui n'ont pu trouver leur place dans les principaux articles de ce Traité. J'y parle de l'électricité de la torpille, & des autres poiſſons; de celle de la tourmaline, & des nouveaux phénomenes de l'électrophore, dont nous devons, en France, la connoiſſance à M. l'Abbé *Fontana*, mon ami particulier, & l'un des plus habiles Phyſiciens qui illuſtrent l'Italie.

Puiſſe cet Ouvrage, en nous faiſant connoître les richeſſes de la Phyſique expérimentale, inſpirer de plus en plus le goût de cette ſcience, détruire l'eſprit de ſyſtême, ſi contraire aux progrès de la Phyſique! Plus féconde que jamais en expériences, elle a fait plus de progrès depuis un ſiecle, qu'elle n'en avoit fait depuis ſon origine. L'Art, rival de la Nature, eſt parvenu à imiter ſes opérations; & le génie a tellement ſu perfectionner les machines qui les repréſentent, qu'elles ne nous laiſſent à deſirer que la continuation de ce travail.

ÉLÉMENS

DE

PHYSIQUE

THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE.

INTRODUCTION.

LA Phyſique eſt, à proprement parler, la *ſcience des corps*. Tout ce qui tombe ſous nos ſens, eſt de ſon reſſort, & elle ne reconnoît d'autres bornes que celles qui circonſcrivent l'univers matériel. Objet de la Phyſique.

Plus étendue que l'Hiſtoire Naturelle, dont l'unique but eſt de décrire les productions de notre globe, leurs variétés & leurs vertus: non limitée comme la Chymie, à la décompoſition des mixtes, à aſſigner leurs principes, à recombiner ces principes pour en former de nouveaux mixtes ſemblables Différence de la Phyſique à l'Hiſtoire Naturelle & à la Chymie.

aux premiers, la Physiqu
noissance de tous les êtr
propose d'en découvrir ,
propriétés & les affections
loix auxquelles ils sont af
nomenes qu'ils font observ
qui les produisent. Tel est,
l'objet de la Physique, &
cherches du Physicien.

Cette science embrasse d
connoissances qui appartienne
Naturelle, & celles qui sont du
Chymie : celles-ci ne sont don
ment parler, que deux parties e
la Physique. La premiere expo
du Physicien, toute l'étendue de
se propose de connoître. La seco
dans des détails particuliers sur
les principes & les propriétés de c
& elles concourent l'une & l'autre, à
niere, à étendre nos connoissances ph

L'économie animale qu'on rega
juste titre, comme la base de la Méd
est encore du ressort de la Physique.
la Physique elle-même appliquée à nos
pres facultés, aux fonctions qui s'op
habituellement en nous-mêmes, & c'est,

contredit, l'objet le plus intéreſſant & le plus digne de nos méditations & de nos recherches.

Iſolées néanmoins & ſéparées les unes des autres, par la difficulté de réunir en un même corps de doctrine la vaſte étendue des connoiſſances que chacune de ces ſciences renferme, ſi le Phyſicien eſt obligé de reſtreindre ſon travail, & d'abandonner au Naturaliſte, au Chymiſte & au Médecin le ſoin de traiter en particulier chacune de ces branches importantes de la Phyſique, il ne doit cependant point ignorer ce qu'elles renferment de plus important & de plus relatif à l'objet de ſes travaux. Il peut donc ſe permettre, lorſque l'occaſion s'en préſente, quelques obſervations ſur différentes parties de l'Hiſtoire Naturelle, ſur certaines opérations de Chymie, & ſur les principales fonctions de l'économie animale, ſur-tout lorſque ces objets paroiſſent intimement liés aux théories qu'il expoſe. C'eſt, ſans contredit, la maniere de rendre nos connoiſſances phyſiques plus intéreſſantes & plus utiles.

Moyens que la Phyſique emploie.

Parmi les différens moyens que la Phyſique emploie pour parvenir à ſon but, il en eſt deux ſur-tout, *l'expérience* & *l'obſer-*

vation, qui portent avec eux toute la
titude qu'on peut deſirer. Muni de
ſecours, le Phyſicien marche à grand
dans les ſentiers de la Nature; il la ſuit
la force, pour ainſi dire, juſques dan
derniers retranchemens.

Au défaut de l'une & de l'autre, *l'ana*
peut quelquefois lui ſervir de guide; ma
ne doit s'en permettre l'uſage qu'avec la
grande diſcrétion. Combien d'erreurs n
dû leur origine qu'à trop de confiance e
moyen!

La *Géométrie*, ſagement employée,
encore une reſſource aſſurée en quantité
circonſtances, ſur-tout lorſqu'il s'agit
connoître & d'apprécier l'intenſité des ef
& des cauſes qu'on découvre.

Malgré tous ces ſecours, il ne faut pas
perſuader qu'on puiſſe également bien
pliquer tous les phénomenes de la Natu
Il en eſt encore pluſieurs qui ont échap
aux recherches les plus ſuivies, & à la ſagac
des plus grands Maîtres. Nous ne craindro
donc point d'avouer, de bonne foi, not
ignorance, lorſque nous ne croirons p
pouvoir donner des raiſons ſatisfaiſantes
pluſieurs phénomenes dont nous aurons oc

caſion de parler, & nous ne donnerons pour certain, que ce qui nous paroîtra ſuffiſamment confirmé par l'expérience, ou ſolidement établi ſur des obſervations inconteſtables, ou enfin ſur des analogies auxquelles on ne pourra ſe refuſer.

Nous ſuivrons ici la même diſtribution des matieres que nous avons ſuivie dans notre dernier Ouvrage, intitulé : *Deſcription & uſage d'un Cabinet de Phyſique expérimentale.* Nous n'inſiſterons point ſur la deſcription des machines. Ce ſeroit nous répéter inutilement, & nous diſtraire continuement du principal objet que nous nous propoſons de remplir. Nous les expoſerons briévement, & nous renverrons à notre précédent Ouvrage ceux de nos Lecteurs qui voudront les connoître plus particulierement. Nous les indiquerons alors, entre deux parentheſes, ſous l'abréviation ſuivante : (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ.*) Nous décrirons cependant amplement toutes celles qui ſeront nouvelles, ou dont nous n'aurons point fait mention dans cet Ouvrage : celui-ci en ſera plus concis, moins volumineux & moins diſpendieux. Réuni avec le précédent, on trouvera dans ce dernier la conſtruction de

chaque machine, & la manier
expériences ; & dans celui-ci
théories phyſiques que nous no
de développer. Nous renverron
à la fin de chaque volume, quan
que nous ne croyons pas devoir
dans le corps de cet Ouvrage.

PREMIERE SEC

Des principes des corps, de naiſons, & de la cohérence e ties intégrantes des mixtes.

Objet de cette Section.

(1) LA matiere conſidérée en abſtraction faite de ſes propriét affections, devroit être le premi recherches du Phyſicien. Qu'eſt- la matiere ? En quoi conſiſte C'eſt, ſans contredit, la premi qui ſe préſente à réſoudre. M ment faite pour exercer l'ima ceux qui ſe plaiſent à la M nous la laiſſerons de côté, po occuper que de celles qu'on par des moyens véritablement Nous laiſſerons également de

ces principes métaphyſiques, ces fictions ingénieuſes qu'il plut aux Phyſiciens d'imaginer, pour rendre raiſon de la formation de l'univers matériel, & des corps qu'il renferme. Nous diviſerons donc cette Section en deux articles. Le premier traitera des véritables principes des mixtes, & de leurs combinaiſons. Le ſecond, de la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

Diviſion de cette Section.

ARTICLE PREMIER.

Des véritables principes des mixtes, & de leurs combinaiſons.

(2) Nous donnerons le nom de *principes*, ou d'*élémens*, à ces ſubſtances ſimples ou mieux homogenes, qui réſultent de la derniere décompoſition des mixtes, & qui demeurent conſtamment les mêmes & inaltérables, malgré toute l'activité des agens qu'on peut employer pour les décompoſer. Il peut ſe faire, à la vérité, que ces êtres ſoient véritablement compoſés, & ne méritent pas, à juſte titre, la dénomination que nous leur accordons ici. Peut-être que, plus inſtruits par la ſuite dans l'Art de la Chymie, nous

Définition.

parviendrons un jour à le
les réſoudre en d'autres ſu
plus ſimples & plus homo
n'empêche juſques-là de les
de véritables principes, &
miers éléniens des mixtes.

Principes d'Ariſtote.

(3) Long-temps avant qu
prêter d'heureux ſecours à
Ariſtote, le pere de l'ancien
admit pour principes de tous
matiere homogene, diviſée
mens primitifs, uniquement d
la diverſité de leurs maſſes, &
figurations particulieres. Ces qu
étoient, ſuivant lui, la *terre*, l'
le *feu*.

(4) Abſtraction faite de ce
opinion peut avoir de faux ſu
généité qu'elle ſuppoſe dans la n
dont nous aurons occaſion de pa
la Section ſuivante, elle eût dû par
fondée à ceux qui vinrent après lu
ſurent analyſer les corps. *Paracelſe*
pendant devoir s'en éloigner en ac
cinq principes différens. Il admit dor
1°. Le *mercure*, ou *l'eſprit*, & il r
dans cette claſſe toutes les parties vo

Principes de Paracelſe, & des Chymiſtes du moyen âge.

& ſpiritueuſes qui s'élevent dans la décompoſition des mixtes, & qui ſont propres à affecter l'organe de l'odorat & du goût.

2°. Le *phlegme* ou *l'eau ;* c'eſt-à-dire, tous les produits aqueux, & nullement inflammables, que les mixtes fourniſſent dans leur analyſe.

3°. Le *ſoufre* & *l'huile :* il comprenoit ſous cette dénomination, non-ſeulement les véritables parties ſulfureuſes, le ſoufre commun même, mais encore toutes les huiles quelconques, & toutes les parties inflammables.

4°. Le *ſel*, & toutes les matieres ſalines en général.

5°. La *terre*, ou toutes les parties fixes qu'on retrouve dans les vaiſſeaux, & qui ont réſiſté à l'action du feu qu'on a employé à la décompoſition du mixte, & à ſéparer ſes principes.

(5) Preſque tous les Chymiſtes, après *Paracelſe*, embraſſerent aveuglément cette opinion, & elle fut en vigueur juſqu'au temps de *Beccher*. Celui-ci reconnut très-bien que pluſieurs de ces ſubſtances étoient véritablement compoſées, comme nous l'obſerverons ailleurs par rapport au ſoufre, &

conſéquemment ne devoient point être rangées dans la claſſe des principes. Il les réduiſit donc à deux, à la *terre* & à *l'eau* : mais fort embarraſſé enſuite pour expliquer tous les phénomenes relatifs à la compoſition des mixtes, il fut obligé de diverſifier ſa terre, & de la diſtinguer en trois eſpeces. De-là l'origine de la *terre vitrifiable*, principe de la fixité & de la ſolidité de tous les mixtes ; la *terre inflammable*, connue aujourd'hui ſous le nom de *feu*, ou de *phlogiſtique*, principe de l'inflammabilité de tous les corps que nous regardons comme inflammables ; & la *terre mercurielle* enfin, principe conſtituant de pluſieurs mixtes, mais particuliérement des métaux.

Principes de Beccher.

Sthal embraſſa cette opinion, la développa même plus particuliérement que *Beccher*, la mit à la portée de tout le monde, & lui donna le plus grand crédit. Auſſi fut-elle univerſellement reçue, à l'exception de la terre mercurielle, ſur l'exiſtence de laquelle on ne fut jamais bien d'accord. On reconnut donc alors, en bonne Chymie, trois principes des mixtes, la terre, l'eau & le feu, autrement dit le phlogiſtique, ou la terre inflammable de *Beccher*.

(6) Peu de temps après, l'expérience nous apprit que *l'air* doit encore être rangé dans cette claſſe ; qu'il entre comme principe conſtituant dans la compoſition de tous les mixtes, & il étoit réſervé à *Boyle* & au D. *Hales*, de nous convaincre de cette vérité, & de nous ramener entiérement à l'opinion d'*Ariſtote*. Ce ne fut donc que vers la fin du dernier ſiecle, que les Chymiſtes reconnurent quatre principes primitifs dans la compoſition des mixtes, la *terre*, *l'eau*, *l'air* & le *feu*, dont nous aurons occaſion de parler plus particuliérement par la ſuite. Principes des Modernes.

On parvient aſſez facilement à décompoſer les mixtes, & à découvrir les principes que nous venons d'indiquer, en ſuivant, avec intelligence, les procédés que nous avons donnés (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *ſect.* 1.)

Nous obſerverons cependant ici, que quoiqu'il ait plu à *Thales*, & à pluſieurs Chymiſtes modernes de regarder l'eau, comme le ſeul & unique principe de tous les mixtes, (note 1) il ne paroît pas que ce principe ſoit auſſi univerſel que les trois autres. Il n'eſt point encore démontré qu'il entre dans la compoſi- Obſervation ſur l'eau *principe*. Note 1.

tion des métaux, ni dans celle des terre vitrifiables ; au moins eſt-il certain qu'on n'eſt point encore parvenu à conſtater ſon exiſtence dans ces ſortes de corps, & à l'en dégager par leur décompoſition.

Principes ſecondaires, ternaires, &c.

(7) De la combinaiſon plus ou moins variée des quatre principes que nous venons de faire connoître, réſultent communément des maſſes de différentes eſpeces, que les Chymiſtes regardent comme des *principes ſecondaires*, ou du ſecond ordre. Ces derniers, combinés entre eux de différentes manieres, produiſent de nouvelles maſſes, qu'ils nomment *principes ternaires*, ou du troiſieme ordre, d'où naiſſent ceux du quatrieme, du cinquieme ordre, &c.

Quoiqu'on ne puiſſe, à proprement parler, donner le nom de principes à ces ſortes de combinaiſons, cette ſage diſtribution met néanmoins la plus grande exactitude dans les analyſes chymiques : elle ſert à nous faire connoître les différens degrés de ſimplicité, ou mieux les différens états de combinaiſon des ſubſtances que nous analyſons. Cette maniere d'ailleurs d'enviſager les principes des mixtes, répond parfaitement à ce qu'on obſerve habituellement dans leur décompoſition.

On remarque, en effet, dans ces ſortes d'opérations, que les premieres ſubſtances qu'on retire d'un corps compoſé, quoique beaucoup plus ſimples que ce corps, ſont elles-mêmes compoſées, & doivent être analyſées plus ou moins de fois, avant qu'on puiſſe atteindre à leurs principes primitifs. On retire aſſez communément d'un même corps, des parties de différens degrés de ſimplicité, ou mieux qui deviennent de plus ſimples en plus ſimples, à meſure qu'on le décompoſe. Prenons-en pour exemple le *nitre*. C'eſt un ſel neutre (note 2) : ſi on vient à le décompoſer, la premiere opération fournira deux principes, un *acide*, & un *alkali*. Ce ſont ſes deux principes les plus prochains & les plus immédiats : mais ces principes ſont eux mêmes des corps compoſés ; ils ne jouiſſent ni l'un ni l'autre de ce degré de ſimplicité & d'homogéneité qui doivent caractériſer des principes primitifs. Suſceptibles de décompoſition, ils fourniſſent, dans leur analyſe, de la terre, de l'eau & du phlogiſtique, & ces derniers étant regardés comme de véritables principes, il en réſulte que le nitre eſt immédiatement compoſé de deux principes ſecondaires. Or il

Note 2.

ſeroit fort à deſirer qu'on pût obtenir ainſi ſéparément tous les principes de chaque mixte, ſuivant l'ordre ſelon lequel ils entrent dans ſa compoſition.

Parties intégrantes des mixtes.

(8) De l'union des principes de différens ordres, qui entrent dans la compoſition d'un corps, naiſſent les *parties intégrantes* de ce corps. On entend par ces ſortes de parties, les plus petites qu'on puiſſe aſſigner dans un mixte, & qui jouiſſent ſéparément de toutes les propriétés que nous découvrons dans le corps auquel elles appartiennent. De l'union, par exemple, des principes qui entrent dans la compoſition de l'or, naiſſent de petites parties qui ſe dérobent à la foibleſſe de notre vue, mais qui, ſéparément priſes, ſont autant de molécules d'or, & jouiſſent de toutes les propriétés de ce métal.

Diverſité des corps.

(9) Ces parties plus ou moins intimement unies entre elles, forment des maſſes de différentes eſpeces; les unes *ſolides*; d'autres *molles*; d'autres enfin *fluides* ou *liquides*. Tous les corps qui ſont portion de l'univers matériel, appartiennent néceſſairement à l'une de ces trois claſſes. Ils ſont tous durs, mous, liquides, ou fluides.

Dureté.

On entend par *corps dur*, celui dont les

parties ſont ſi intimement unies entre elles, qu'elles réſiſtent aux efforts qu'on fait pour les déplacer. Il n'eſt aucun corps dans la Nature, qui ſoit parfaitement dur. Il n'eſt tel que par comparaiſon avec un autre corps.

On donne le nom de *corps mou* à celui dont les parties, plus foiblement unies que dans le précédent, cédent facilement, & ſe déplacent aiſément. On conçoit également que cet état n'eſt point fixe ; qu'il ſouffre du plus & du moins. Molefie.

On appelle *liquides*, tous les corps dont les parties ne paroiſſent contracter aucune union ſenſible, & qui ſe ſéparent les unes des autres par le ſeul effort de leur peſanteur. On range communément ſous deux claſſes les corps de cette eſpece. Les uns ont une tendance particuliere qui détermine leurs parties à ſe mettre de niveau, & leur ſurface demeure conſtamment parallele à l'horiſon, comme on le remarque dans l'eau, le vin, l'huile, &c. Ceux-ci conſervent le nom de liquides. Liquidité.

D'autres ſont dépourvus de cette derniere propriété, comme on l'obſerve, par exemple, dans la fumée, le brouillard, les vapeurs, &c. On leur donne le nom de *fluides*. Fluidité.

Les parties de ces derniers n'ont pas plus d'adhérence que celles des liquides. Le moindre effort ſuffit également pour les déplacer. Tels ſont les différens états dans leſquels le Phyſicien doit ranger tous les corps, qui font partie de l'univers matériel, & qui font l'objet de ſes ſpéculations & de ſes expériences. Mais quelle eſt la cauſe qui différencie ainſi tous les corps, & qui fait que tel corps en particulier eſt dur, plutôt que mou ou liquide? C'eſt ſur quoi les ſentimens ſont encore partagés, & ce qui va faire la matiere de l'article ſuivant.

ARTICLE SECOND.

De la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

Opinion des Atomiſtes.

(10) Les anciens qui ſuivoient la doctrine d'*Epicure* & des Atomiſtes, & qui conſéquemment prétendoient que tous les corps étoient compoſés d'atomes dures & inſécables, attribuoient à ces atomes & aux vuides qu'ils laiſſoient entre eux, ces différens états que nous venons de diſtinguer dans les mixtes. Ils regardoient comme durs, ceux qui étoient compoſés d'atomes tellement

ment unies, qu'ils ne laiſſoient aucun vuide à remplir, ou entre leſquels il ſe trouvoit ſi peu de vuide, que ces atomes ne pouvoient s'y réfugier, quelqu'effort qu'on fît pour les déplacer. Ils reconnoiſſoient pour mous, ceux dont les atomes, lâchement unis, laiſſoient beaucoup de vuide, où ils pouvoient ſe retirer aiſément, lorſqu'on venoit à les preſſer. Ils regardoient enfin comme liquides ou comme fluides, ceux qui étoient compoſés d'atomes parfaitement libres, & ſi entremêlés de vuides, que la moindre force poſſible ſuffiſoit pour les faire changer de place, & pour les pouſſer dans les vuides qu'ils rencontroient de tous côtés.

(11) Les Modernes ſe ſont diviſés en trois claſſes principales, ſur l'explication du même phénomene. Les uns ont cru qu'il ne dépendoit que de la conſtitution propre des mixtes, & qu'il ne falloit chercher ces différences que dans la nature des élémens ou des principes qui dominoient dans la compoſition de ces mixtes. Ils rapportoient la dureté à la terre, & ils regardoient comme durs, les corps dans la compoſition deſquels la terre étoit ſurabondante. Suivant cette même opinion, la molleſſe dépendoit de

Opinion de Modernes.

l'excès ou de la ſurabondance du principe aqueux, & ils regardoient comme liquides ou comme fluides, ceux dans leſquels la matiere du feu & l'air excédoient la proportion des autres principes. Or, la fauſſeté de cette opinion ſe préſente trop naturellement à l'eſprit, pour qu'il ſoit néceſſaire de la réfuter. Nous ne nous occuperons donc ici que des deux ſuivantes. Elles ont réuni tous les ſuffrages de l'Ecole des Modernes, & elles méritent toute l'attention du Phyſicien. Dans l'une, on explique les phénomenes de la cohérence, par le repos reſpectif entre les parties intégrantes des mixtes, & par la preſſion d'un fluide ambiant, qui agit plus ou moins efficacement ſur ces parties. C'eſt l'opinion de *Deſcartes*, & de ſes Sectateurs, qui ne reconnoiſſent d'autre loi générale en Phyſique, que *l'impulſion*. Dans l'autre, on fait dépendre ces mêmes phénomenes d'une autre loi également générale; de *l'attraction* de *cohéſion*, de cette tendance réciproque qu'on remarque entre toutes les parties de la matiere. Ces deux opinions feront l'objet des deux paragraphes ſuivans.

Opinion de Deſcartes.

Opinion de Newton.

PARAGRAPHE PREMIER.

De la cauſe de la cohérence, ſelon l'opinion des Carthéſiens.

(12) Doué de l'imagination la plus fé- Syſtême de Deſcartes.
conde, *Deſcartes* ſe diſtingua, dans le ſiecle dernier, par une hypothèſe extrêmement ingénieuſe, ſur la formation de l'univers matériel. Secouant le joug du préjugé qui tyranniſoit l'Ecole, il encouragea le Phyſicien à ſuivre ſon génie, & à étudier, d'une maniere plus inſtructive, les phénomenes de la Nature. Si, ſe livrant avec trop de confiance au feu de ſon imagination, il fut entraîné d'erreurs en erreurs, il rendit, malgré cela, les plus grands ſervices à la Phyſique. Elle gémiroit peut-être encore, ſans lui, ſous le poids de l'autorité, & elle ſeroit encore enſevelie dans les ténebres du péripathétiſme.

Peu inquiet ſur les moyens qu'il plut au Créateur d'employer, pour donner à ſon ouvrage la forme dont il jouit, *Deſcartes* ne s'attacha qu'à imaginer un ſyſtême propre à rendre raiſon de tous les phénomenes que le Phyſicien doit expliquer.

Il ſuppoſa, 1°. que Dieu ayant créé une Matiere premiere.

quantité de matiere homogene, conformément à la ſageſſe de ſes vues, il la diviſa en parties dures & cubiques, étroitement appliquées les unes contre les autres, de façon qu'elles ne laiſſoient aucun vuide entre elles, & qu'elles ne pouvoient en laiſſer.

Il ſuppoſa, 2°. que le Créateur imprima deux mouvemens à ces particules. A chacune d'elles, un mouvement autour de ſon propre centre, & à une certaine quantité priſes enſemble, un mouvement autour de quelques centres particuliers, qu'il aſſigna pour être chacun le centre d'un tourbillon particulier.

En vertu de ces deux ſuppoſitions, notre Philoſophe prétend que ces cubes n'ont pu ſe mouvoir, ſans que leurs parties anguleuſes ſe ſoient rompues, par les chocs & les frottemens réitérés auxquels elles ont été expoſées. De-là la forme ſphérique qu'elles ont néceſſairement acquiſes.

De ces angles inégalement rompus, dut réſulter une matiere extrêmement ténue & déliée, qui remplit d'abord tous les eſpaces que cette altération fit naître. C'eſt cette matiere qu'il appelle *matiere ſubtile*, & qu'il regarde comme le *premier élément*, comme l'ame du monde, eu égard à la multitude

Matiere ſubtile, ou premier élément.

prodigieuſe de phénomenes, à la production deſquels il la fait concourir.

Il nomme *matiere globuleuſe*, ou matiere du *ſecond élément*, les petits globules qui réſulterent de la déformation des cubes originaires. Matiere globuleuſe, ou ſecond élément.

Il donne enfin le nom de *troiſieme élément*, aux maſſes groſſieres & irrégulieres, aux éclats les plus maſſifs que la rupture de la matiere premiere dut néceſſairement produire, outre la matiere ſubtile, & celle du ſecond élément dont nous venons de parler. Troiſieme élément.

(13) Ces trois élémens, confondus dans leur origine, ne tarderent point à ſe ſéparer. Le troiſieme élément, plus maſſif que les deux autres, dut néceſſairement s'éloigner du centre de ſon mouvement, pour devenir la matiere de tous les corps opaques. Le premier, plus délié, & plus que ſuffiſant pour remplir les eſpaces vuides qui ſe ſeroient trouvés entre les deux autres, dut ſe rendre au centre, pour former, d'un côté, le ſoleil, ailleurs des étoiles, qui ſont chacune autant de ſoleils particuliers de leur propre tourbillon. Le ſecond élément enfin, ſupérieur en maſſe au premier, & inférieur au troiſieme, dut ſe placer entre l'un & l'autre, pour nous Deſtination de ces trois élémens.

faire jouir, en qualité de diaphane, du ſpectacle de la lumiere.

Le ſoleil, & tous les corps lumineux par eux-mêmes, ſont donc compoſés, dans l'hypothèſe de *Deſcartes*, de la matiere de ſon premier élément. Les Cieux, ou les eſpaces céleſtes, ſont remplis de la matiere du ſecond. Le troiſieme forme la terre, toutes ſes parties, les cometes & les planetes.

Quoique tous les corps opaques ſoient formés de la matiere du troiſieme élément, le ſecond & le premier y ſont plus ou moins abondamment diſtribués, pour remplir exactement les eſpaces vuides qui ſe trouveroient ſans cela entre les parties du troiſieme. Le premier élément ſur-tout, ou la matiere ſubtile, douée d'un mouvement continuel & rapide en tout ſens, & propre à prendre toutes ſortes de formes, ſans en garder aucune en particulier, joue le plus grand rôle dans le ſyſtême Carthéſien, & vient à l'appui de ſes Sectateurs dans l'explication du plus grand nombre des phénomenes.

Du mouvement imprimé à la matiere, dès l'origine du monde, & conſtamment conſervé depuis ce moment, ſuit néceſſairement des chocs continuels & réitérés, ou une *im-*

pulſion conſtante, que *Deſcartes* regarde comme la cauſe générale & primitive de tous les effets de la Nature. Cauſe phyſique & méchanique, qui ne dépend & qui n'eſt ſubordonnée qu'à la volonté ſuprême du Créateur.

Nous ne nous arrêterons point à réfuter particulierement cette ingénieuſe fiction. Nous avouerons même que l'impulſion eſt une des loix générales de la Nature, dont nous ferons obſerver plus d'une fois l'exiſtence; mais nous ſommes bien éloignés de convenir, avec *Deſcartes*, que cette loi ſoit unique dans ſon eſpece. On en ſera ſuffiſamment convaincu, ſi on réfléchit ſur ſon inſuffiſance en quantité de circonſtances, & particulierement dans l'application que les Carthéſiens en font ici, pour expliquer les phénomenes de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

Application de l'hypothèſe de Deſcartes, aux phénomenes de la cohérence.

(14) Un corps eſt dur, nous diſent-ils, lorſque la preſſion du fluide ambiant ſe fait ſuffiſamment ſentir ſur ſes principes, les unit intimement, & les contient dans un repos parfait. Il eſt liquide, ou fluide au contraire, lorſque l'impulſion du même fluide, interceptée entre ſes élémens, tend à les écarter

les uns des autres, & s'oppoſe, par cela ſeul, à l'effet de la preſſion extérieure qui tend à les unir & à les réduire à l'état de repos. Veut-on des preuves expérimentales de cette opinion? Nous choiſirons celles qui paroiſſent la favoriſer davantage.

Expérience. Adhérence entre deux corps, occaſionnée par la preſſion d'un fluide extérieur.

Ayez deux plans de bois bien dreſſés & travaillés l'un ſur l'autre. Attachez l'un des deux au fond d'un vaiſſeau de cryſtal. Poſez le ſecond par deſſus, & verſez dans ce vaiſſeau une quantité ſuffiſante de mercure. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. tom. I, pl.* 11, *fig.* 3.) Tant que le mercure pourra s'inſinuer entre les deux ſurfaces de ces corps, ils ne contracteront aucune adhérence entre eux; le corps de deſſus ſurnagera, conformément aux loix de l'hydroſtatique, que nous expoſerons ailleurs. Mais ſi vous preſſez ces deux corps, de maniere que leurs ſurfaces s'appliquent l'une ſur l'autre, & que le mercure ne puiſſe paſſer entre elles, vous les verrez adhérer l'un à l'autre avec une force proportionnée à la quantité de mercure qui les preſſera, & au poids actuel de l'atmoſphere. Il eſt donc poſſible, & même démontré, diſent les Carthéſiens, que la preſſion d'un fluide ambiant, efficacement em-

ployée contre les ſurfaces de deux corps, ſuffit pour les unir.

Nous conviendrons volontiers avec les Carthéſiens, que tout ce qui ſera capable de preſſer deux ſurfaces, appliquées l'une ſur l'autre, contribuera néceſſairement à leur union. Mais cette union, cette adhérence, ne ſera-t-elle due qu'à la preſſion que les deux ſurfaces en contact éprouveront? Cette preſſion doit-elle être regardée comme la ſeule & unique cauſe de leur cohérence? Peut-on en conclure légitimement, que la preſſion d'un fluide ambiant ſoit la ſeule qui produiſe la cohéſion que nous remarquons entre les parties intégrantes des mixtes? Ou n'eſt-ce qu'une cauſe étrangere qui joint ſon action à celle d'une cauſe principale & bien différente de l'impulſion? C'eſt ce qu'on découvrira facilement d'après l'examen de l'expérience ſuivante, qui paroît également favoriſer les prétentions des Carthéſiens.

Obſervation ſur cette expérience.

Expérience. Adhérence de deux plans de glace travaillés l'un ſur l'autre.

Humectez légérement deux ſurfaces de glace, de cryſtal, de métal, travaillées l'une ſur l'autre. Nous préférons cependant les premieres, pour une raiſon qu'on ſaiſira dans un moment. Faites-les gliſſer l'une ſur l'autre, de maniere à exclure tout fluide interpoſé

entre ces ſurfaces, & elles adhéreront entre elles, avec une force proportionnée à l'étendue de leur contact. Cette adhérence ſera-t-elle que, quoiqu'elles puiſſent facilement ſe ſéparer, en les faiſant gliſſer parallelement entre elles, il n'en arrivera pas ainſi lorſqu'on voudra les ſéparer en les tirant perpendiculairement en ſens contraire. (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. tom.* 1, *pl.* 11, *fig.* 4, 8.) Voilà donc, diſent les Carthéſiens, une preuve de l'adhérence produite par la preſſion de l'air, qui s'appuie, de part & d'autre, ſur les deux plans dont on fait uſage dans cette expérience. S'il eſt encore conſtant, que la preſſion de l'air concourt à la production de ce phénomene, il ne l'eſt pas moins que la preſſion de ce fluide n'eſt pas la ſeule, ni même la principale cauſe à laquelle on doive l'attribuer.

Réfutation de l'hypothèſe Carthéſienne.

(15) Nous liſons dans le Journal des Savans (1), que M. *Huyghens* ayant répété cette expérience avec deux morceaux de marbre noir, dont la ſurface étoit d'un pouce en quarré, il obſerva que leur adhérence avoit encore lieu dans le vuide, & qu'elle

(1) Journ. des Savans, ann. 1674.

étoit alors aſſez forte pour que le marbre inférieur ſoutînt un poids de trois livres, ſans ſe ſéparer. On peut répéter cette même expérience avec les plans dont nous venons de faire uſage, en ſe ſervant de l'appareil que nous avons décrit; & on obſervera que ſi on attache un poids de deux ou trois livres au plan inférieur, ces deux plans demeureront encore adhérens dans le vuide, malgré l'effort du poids qu'on aura ajouté à celui de ce plan & de ſa monture. Cette adhérence ſubſiſte donc, lors même qu'on a détruit la cauſe à laquelle on prétendoit l'attribuer.

Expérience. Adhérence des mêmes plans dans le vuide.

Si les Carthéſiens oppoſent à cette expérience le défaut d'exactitude, qu'on peut effectivement lui reprocher, nous conviendrons, de bonne foi, qu'on ne peut point évacuer exactement la maſſe d'air compriſe dans la capacité du récipient qu'on emploie à cet effet, & nous le démontrerons même, lorſque nous traiterons de l'air en particulier: mais nous leur ferons obſerver en même-temps, que la petite quantité de ce fluide qui reſte ſous le récipient, lorſqu'on a fait le vuide auſſi exactement qu'il eſt poſſible de le faire, avec une bonne machine pneumatique, eſt bien éloignée de produire l'adhérence

qui ſubſiſte ici. Il s'en faut même de beaucoup qu'elle ſoit en état de ſoutenir le poids ſeul du plan inférieur & de ſa monture. Il eſt en effet démontré, d'après le calcul, qu'elle ne peut contrebalancer qu'une colonne de mercure d'une ligne de hauteur, & dont la baſe ſeroit égale à celle des plans dont on ſe ſert. Or, il s'en faut de beaucoup que le poids d'une ſemblable colonne de mercure équivale au poids du plan inférieur, & à plus forte raiſon, lorſqu'il eſt chargé d'un poids étranger qui tend à le ſéparer.

Ce fut, ſans contredit, cette obſervation qui les engagea à avoir recours à la matiere ſubtile, & à l'aſſocier ici à la petite maſſe d'air que la ſuccion de la pompe pneumatique ne peut évacuer.

Subterfuge des Carthéſiens.

Ce fluide, ſuivant eux, plus ſubtile que l'air, univerſellement répandu dans l'atmoſphere, & dans toutes les parties de notre globe, s'inſinue, avec la plus grande facilité, par les plus petites ouvertures poſſibles, par celles qui refuſent paſſage à l'air. Il s'inſinue donc, continuent-ils, à travers les pores du récipient dans lequel on s'efforce de faire le vuide, & il remplace l'air, à proportion qu'on l'évacue. Le récipient ſe trouve donc toujours

rempli d'un fluide très-élaſtique & très-propre à comprimer la ſurface des plans dont il eſt ici queſtion, & à entretenir leur adhérence, malgré les poids qui s'y oppoſent.

Réfutation. Ce ſubterfuge, ingénieuſement imaginé, en impoſa d'abord à pluſieurs célebres Phyſiciens. Ils crurent effectivement que la matiere ſubtile étoit la véritable cauſe de ce phénomene. Mais pour peu qu'on réfléchiſſe ſur les circonſtances de cette expérience, on verra manifeſtement, que ſi la matiere ſubtile, en ſuppoſant toutefois qu'elle exiſte, pénetre facilement à travers les pores du récipient, elle doit pénétrer, avec la même facilité, à travers ceux des deux plans, puiſqu'ils ſont de même matiere que le récipient. Or, perſonne n'ignore qu'un fluide, qui paſſe librement par les pores de deux corps, ne peut contribuer à leur union. La fauſſeté de l'hypothèſe de *Deſcartes* ſe décele donc évidemment dans cette expérience, originairement imaginée pour en conſtater la certitude. Il faut donc néceſſairement avoir recours à une cauſe différente de *l'impulſion*, lorſqu'il s'agit d'expliquer les phénomenes de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes; & c'eſt ce que nous nous propoſons de démontrer dans le paragraphe ſuivant.

PARAGRAPHE SECOND.

De la cauſe de la cohérence, ſelon l'opinion de Newton.

Syſtême de Newton.

(16) Deux corps ne peuvent s'unir & demeurer adhérens l'un à l'autre, que par une force qui les pouſſe l'un vers l'autre, & qui les preſſe, lorſqu'ils ſont en contact, ou qu'en vertu d'une force qui les détermine à s'approcher mutuellement, & qui les retient, lorſqu'ils ſe touchent. Or, la premiere de ces deux manieres d'agir, ou l'impulſion, ne ſuffiſant pas, & étant manifeſtement trop éloignée de rendre raiſon de ces phénomenes, il faut néceſſairement les rapporter à la ſeconde, qu'on connoît en Phyſique ſous le nom *d'attraction*, & dont nous allons donner une idée ſuffiſante.

Idée générale de l'attraction.

(17) L'inſuffiſance de l'impulſion, l'impoſſibilité même de rendre raiſon des phénomenes céleſtes, & d'expliquer, d'une maniere ſatisfaiſante, l'harmonie permanente de l'univers, dans le ſyſtême de *Deſcartes*, fit croire à *Newton*, qu'outre l'impulſion qui ſe décele en quantité de circonſtances, il exiſtoit encore dans la Nature une attraction

générale ; & ſon exiſtence eſt actuellement reconnue de la plus ſaine partie des Phyſiciens.

L'attraction, priſe dans le ſens de *Newton*, n'eſt, à proprement parler, qu'une tendance qu'on obſerve entre toutes les parties de la matiere, & qui les oblige à ſe porter les unes vers les autres, & à ſe réunir. Cette tendance n'eſt point, comme il a plu à quelques-uns de l'imaginer, une propriété inhérente à la matiere : ce n'eſt point une force intrinſeque aux corps, en vertu de laquelle ils s'attirent réciproquement : *Newton* ne la regarde que comme une loi générale de la Nature, une loi primitive, & uniquement dépendante de la volonté du Créateur, & elle ſe décele de différentes manieres qu'il eſt important de bien caractériſer.

Attraction active.

(18) Nous appellons *attraction active*, & nous diſons qu'un corps exerce une attraction active contre un autre corps, lorſque nous voyons ce dernier ſe porter ſenſiblement vers le premier, ſans que celui-ci paroiſſe s'approcher de l'autre. C'eſt dans ce ſens que la terre exerce une attraction active contre tous les corps ſublunaires. C'eſt dans le même ſens que le ſoleil attire tous les corps qui

ſont partie du ſyſtême planétaire. Cette attraction, qui ne ſe décele manifeſtement ici que d'un ſeul côté, n'en eſt pas moins réciproque. Les corps ſublunaires exercent pareillement leur attraction contre la terre. Il en eſt de même de toutes les parties du ſyſtême planétaire, par rapport au ſoleil ; mais comme les effets que ces dernieres attractions produiſent, ſont infiniment petits, pour une raiſon que nous indiquerons plus bas, nous les conſidérerons ici comme nuls.

Attraction paſſive.

Nous nommons *attraction paſſive*, & nous diſons qu'un corps ſouffre une attraction de cette eſpece, lorſque nous le voyons obligé de ſe porter vers un autre. C'eſt dans ce ſens que nous diſons que les corps ſublunaires ſont maîtriſés vers le centre de notre globe. C'eſt dans le même ſens que les planetes ſont contenues dans leur orbe, indépendamment de la force centrifuge, qui tend à les en éloigner. Elles y ſont retenues par la force attractive que le ſoleil exerce contre elles.

Attraction réciproque.

Nous appellons enfin *attraction réciproque*, celle qui ſe fait obſerver dans deux corps qui tendent mutuellement à ſe joindre, & qui n'y parviennent qu'en faiſant chacun une partie

partie du chemin qui les ſépare. Cette derniere eſpece d'attraction a toujours lieu, quoique ſes effets ne ſe manifeſtent ſouvent que dans l'un des deux corps qui s'attirent mutuellement. Elle ſe fait conſtamment obſerver entre les corps qui ſont placés dans le voiſinage les uns des autres; & elle ſe manifeſte encore d'une maniere plus ou moins ſenſible, entre ceux qui ſont placés à une très-grande diſtance les uns des autres. De-là cette diviſion générale de l'attraction, *à de grandes & à de petites diſtances.*

Diviſion générale de l'attraction.

(19) On ſait, & tous les phénomenes aſtronomiques le confirment, que la force avec laquelle toutes les parties du ſyſtême planétaire agiſſent les unes contre les autres, ſuit *la raiſon directe de leurs maſſes, & la raiſon inverſe ou réciproque du quarré de leurs diſtances;* c'eſt-à-dire, que cette force croît dans la même proportion que la maſſe, & qu'elle augmente encore dans la même proportion que le quarré de la diſtance diminue. Ainſi, en ſuppoſant que les diſtances ſoient les mêmes, un corps dont la maſſe ſeroit double, exerceroit une attraction double de celle d'un autre corps, dont la

Loi de l'attraction, à de grandes diſtances.

maſſe ne feroit que ſous-double. Pareillement les maſſes étant les mêmes, & la force attractive étant ſuppoſée connue à une diſtance donnée, cette force deviendroit quatre fois plus petite à une diſtance double de la premiere, & neuf fois plus petite, à une diſtance trois fois plus grande. Elle diminue donc à proportion que le quarré de la diſtance augmente; & conſéquemment elle augmente à raiſon que le quarré de la diſtance diminue, toutes choſes égales d'ailleurs. Elle ſuit donc, abſtraction faite des maſſes, la raiſon inverſe du quarré des diſtances. Nous n'inſiſterons point ici ſur cette eſpece d'attraction. Nous aurons occaſion d'en parler plus particulierement, lorſque nous traiterons de la peſanteur.

Des attractions, à de petites diſtances.

(20) Si les Phyſiciens ſont unanimement d'accord ſur la loi des attractions à de grandes diſtances, ils ne s'accordent point également ſur celle des attractions, à de petites diſtances. Cette derniere eſpece d'attraction, qu'on connoit encore ſous le nom *d'attraction de cohéſion*, nous fait obſerver des phénomenes qui ſemblent nous indiquer que ſes effets croiſſent ou diminuent ſelon une proportion qui ſuit une puiſſance

plus élevée que le quarré de la distance (11).

Cette force s'évanouit, en effet, à une très-petite distance, & elle ne devient sensible que dans le contact, ou très-près du contact. Or, si elle suivoit, disent la plupart des Newtoniens, la raison réciproque du quarré des distances, elle ne seroit point sensiblement plus grande au point de contact, qu'à une très-petite distance de ce point, ainsi qu'on l'observe dans les corps qui ne paroissent pas plus attirés vers le centre de notre globe, soit qu'ils touchent immédiatement la terre, soit qu'ils soient élevés à une distance assez notable au-dessus de sa surface. Ils ont donc imaginé d'admettre une loi différente pour ces especes d'attractions; & ils ont prétendu que la force attractive suivoit alors *la raison inverse du cube des distances*; c'est-à-dire, qu'elle devenoit huit fois plus petite à une distance double, & vingt-sept fois plus petite à une distance triple. Quoique cette opinion soit assez généralement suivie, on ne peut apporter aucune preuve démonstrative de sa certitude; & s'il paroît effectivement que l'attraction de cohésion

Loi de l'attraction, à de petites distances.

(11) Newton. prin. philos. lib. 1, propt. 85.

ſuive une proportion plus élevée que l'attraction qui ſe fait obſerver entre les corps qui agiſſent à de très-grandes diſtances les uns des autres, on ne peut démontrer que cette proportion ſoit exactement celle du cube des diſtances. Il y a plus, en admettant cette proportion, il ſe préſente nombre de difficultés auxquelles il ne paroît pas poſſible de ſatisfaire exactement.

Il paroît bien plus naturel de croire qu'il n'exiſte qu'une ſeule loi générale d'attraction pour les grandes & pour les petites diſtances; mais que cette loi ſe trouvant modifiée par quantité de circonſtances que nous ne connoiſſons point encore aſſez, ſes effets peuvent & doivent même nous paroître différens, & tels que les obſervations les indiquent (note 3.) Connoiſſons-nous effectivement aſſez parfaitement la texture intime des corps, la diſpoſition particuliere de leurs molécules, ce qu'ils contiennent de matiere propre, l'étendue de leur poroſité, l'hétérogénéité de leurs parties, &c. pour ſaiſir facilement toutes les différences qui peuvent ſurvenir à l'activité de leurs forces attractives? Or, toutes ces connoiſſances ſeroient indiſpenſablement néceſſaires, pour raiſonner

Note 3.

pertinemment ſur l'énergie de ce phénomene. Tenons-nous-en donc préciſément à ce que l'expérience nous enſeigne, & diſons ſimplement que les molécules de tous les corps ſont maîtriſées par une attraction conſtante & réciproque : que cette attraction, très-active & très-forte dans le contact, diminue prodigieuſement à la plus petite diſtance du contact. Examinons, autant qu'il eſt poſſible, les circonſtances qui influent plus ou moins ſur l'énergie de cette force, qui la modifient, & qui nous font obſerver cette multitude étonnante de variétés que le Phyſicien ne peut ignorer ; & nous découvrirons :

(21) 1°. Que l'attraction à petites diſtances ne paroît pas proportionnelle à la quantité de matiere du corps attirant, mais uniquement à la grandeur, ou à l'étendue du contact & à la ſolidité, ou à la denſité des parties qui forment ce point de contact. Premiere obſervation ſur l'attraction de cohéſion.

Nous remarquons conſtamment, en effet, que cette force diminue prodigieuſement à la plus petite diſtance aſſignable du contact. Son rayon d'activité eſt donc extrêmement court, & conſéquemment, à moins que la maſſe du corps attirant ne ſoit extrêmement petite, elle ne peut concourir entiérement

à l'intenſité de ce phénomene. Il n'y a donc que le point de contact, ou les parties qui en ſont très-proches, qui puiſſent y concourir. Elle doit donc être proportionnelle à la quantité du contact. De-là, plus le nombre de parties en contact ſera grand, plus il y aura de parties qui s'attireront, & plus la force attractive aura d'énergie. On doit dire la même choſe, comme l'obſerve très-bien *Sigorne* (1), de la denſité des corpuſcules, dont les corps ſont compoſés: elle contribue également à augmenter cette force, puiſque plus ces corpuſcules ſont denſes, plus il ſe trouve de parties attirantes, ſous la même étendue de contact: d'où il ſuit que ſi cette eſpece d'attraction ne dépend pas, en général, de la quantité de matiere du corps attirant, elle dépend néanmoins de la denſité des corpuſcules dont ce corps eſt compoſé.

Seconde obſervation.

2°. Que la figure des corpuſcules doit néceſſairement varier l'intenſité de cette force; car, eu égard à la diverſité de leurs figures, ces corpuſcules ſe touchent par un plus grand, ou par un moindre nombre de points. Or, comme la force attractive dépend de l'éten-

(1) Sigorne, Inſtit. Newtoniennes.

due de ce contact, elle dépend donc également de la forme, ou de la figure des parties qui ſe touchent ; ce qui fournit la ſolution ou l'explication des phénomenes qui ont rapport à la dureté, à la molleſſe, ou à la liquidité des corps. Plus les parties intégrantes des mixtes auront de denſité, plus leurs ſurfaces ſeront ſuſceptibles de ſe toucher par un plus grand nombre de points, & plus les corps qu'elles conſtitueront ſeront durs. Cette propriété diminuera à proportion que les points d'attouchement deviendront moins nombreux, ou que la denſité des parties en contact ſera plus foible ; & c'eſt le cas des corps mous. Ils ſeront fluides ou liquides, ſi leurs parties intégrantes ſont arrondies, ou compriſes ſous des ſurfaces courbes qui ne peuvent ſe toucher que par un point, & conſéquemment dont l'adhérence ou la force de cohéſion, proportionnée à l'étendue de ce contact, ne peut être que très petite, & telle qu'elle pourra céder facilement à la plus petite force poſſible. Plus petites, plus arrondies, & plus régulieres en même-temps, elles auront plus de ſurfaces à raiſon de leurs maſſes : leur adhérence ſera plus forte, & le fluide qu'elles conſtitueront aura plus de

viſcoſité, ſera moins coulant, & exigera une force proportionnellement plus grande, lorſqu'il s'agira de ſéparer ſes parties. Veut-on confirmer, par des expériences, l'exiſtence & l'univerſalité de cette force attractive, & en même-temps la néceſſité de l'admettre, pour expliquer convenablement les phénomenes de la cohérence, nous pourrions en rapporter une très-grande quantité; mais nous nous bornerons à quelques-unes ſeulement, qui nous paroiſſent plus que ſuffiſantes.

Expérience qui démontre l'attraction de cohéſion entre deux ſolides.

(22) Coupez ſuperficiellement deux balles de plomb. Joignez les deux ſurfaces qui naîtront de cette ſection: appliquez-les fortement l'une contre l'autre, ayant ſoin d'expulſer, autant qu'il ſera poſſible, tout fluide extérieur, qui pourroit ſe trouver interpoſé entre ces ſurfaces; & elles adhéreront tellement entre elles, qu'il faudra quelquefois employer un poids de plus de trente à quarante livres pour les ſéparer. Il y a plus, ſi ces balles étoient aſſez artiſtement coupées, pour ſe toucher par tous les points du ſegment de ſphere qu'elles préſentent, une force de plus de cent livres ne ſeroit pas ſuffiſante pour les ſéparer.

C'eſt ici que l'hypothèſe Carthéſienne ſe

trouve manifeſtement en défaut ; & on le démontre facilement, en comparant la force avec laquelle ces deux balles adhérent entre elles à la preſſion de deux colonnes de mercure de vingt-huit à vingt-neuf pouces de hauteur, & dont les baſes ſeroient de même diametre que ces balles. Cette preſſion, qui meſure exactement celle que l'air, ou tout autre fluide compris dans l'atmoſphere, peut exercer ici, ne va point au-delà de trois livres deux onces, lorſque le diametre des balles eſt de ſix lignes.

Nous démontrerons, en effet, en traitant du barometre, qu'on eſtime la preſſion actuelle de l'air, par la hauteur de la colonne de mercure, ſuſpendue dans le tube du barometre. Or, cette colonne n'excede jamais en France la hauteur de vingt-neuf pouces. On peut donc, lorſqu'il s'agit d'eſtimer le poids de l'air, & de tout autre fluide intercepté entre ſes molécules, contre un corps quelconque, ſubſtituer à ſa place le poids d'une colonne de mercure, de vingt-huit à vingt-neuf pouces de hauteur. On voit donc manifeſtement ici, que l'adhérence des deux balles de plomb excede prodigieuſement la preſſion des deux colonnes d'air qui s'ap-

quient contre elles, & conſéquemment qu'elle ne peut être attribuée qu'à l'attraction de cohéſion.

Subterfuge des Carthéſiens.

(23) Oſeroit-on nous objecter encore, que le frottement circulaire auquel il faut avoir recours, pour expulſer le fluide interpoſé entre les ſurfaces de ces balles, produit une eſpece de vis d'Horloger, & que c'eſt à ce dernier effet qu'il faut attribuer la plus grande partie de la force avec laquelle ces deux balles adhérent? Ce ſubterfuge, auquel pluſieurs Carthéſiens ne craignirent point de recourir, eſt plus que ſuffiſamment détruit, ſi on compare cette force à celle avec laquelle on peut faire adhérer toutes autres eſpeces de ſurfaces incapables d'acquérir, comme le plomb, des aſpérités, par les frottemens réciproques qu'on pourroit leur faire ſubir. Le D. *Deſaguilliers* nous en fournit un exemple remarquable (1) dans deux lames de verre, dont les ſurfaces n'excédoient point une ligne. On en trouve encore un exemple très-frappant, dans les Nouvelles de la République des Lettres (2). On

Réfutation.

(1) Deſaguilliers, Cours de Phyſ. expéri. tom. I.

(2) Nouvelles de la Répub. des Lett. ann. 1679.

y apprend qu'on parvint à Leyde, à travailler si artiſtement deux ſurfaces de glace de deux pouces & un quart de diametre, qu'étant appliquées l'une ſur l'autre, il ne fallut pas moins qu'un poids de cinq cent quatre-vingt-dix livres, pour vaincre leur adhérence.

Ajoutez à cela, que plus les ſurfaces des corps qu'on veut unir, ſont polies; moins elles ont d'aſpérités qui puiſſent s'engager les unes dans les autres; plus leurs pores ſont remplis, & conſéquemment plus ces ſurfaces préſentent de points d'attouchement, plus l'adhérence qu'elles contractent eſt forte & difficile à rompre. On en trouve la preuve dans une ſuite d'expériences très-curieuſes faites à ce deſſein par le célebre *Muſſenbroek*. Je conſtruiſis, nous dit-il (1), des cylindres, avec différentes eſpeces de corps: le diametre de chacun de ces cylindres étoit de près de deux pouces: les ſurfaces par leſquelles ils devoient ſe toucher, étoient planes & polies juſqu'au brillant. Pour leur communiquer à tous une même chaleur, je les plongeai dans de l'eau bouillante; je les eſſuyai enſuite avec un linge, & je les en-

Expériences de Muſſenbroek, qui viennent à l'appui de notre opinion.

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. tom. I, pag. 64.

duiſis, ſur le champ, avec de la graiſſe de bœuf. Je les appliquai, après cela, les uns ſur les autres, & je les fis mouvoir circulairement ſur eux-mêmes, afin qu'il ne reſtât pas d'air intermédiaire. Je les laiſſai enſuite refroidir pendant l'eſpace d'un jour, & j'éprouvai le lendemain, que la force avec laquelle ils adhéroient entre eux, lorſqu'on vouloit les tirer perpendiculairement, étoit égale aux poids que je vais indiquer.

Les cylindres.	Adhérence.	Le poids de l'air étant ſupprimé.
De verre.....	130 liv.....	89 liv.
De ſimilor.....	150.....	109
De cuivre jaune....	200.....	159
D'argent.....	125.....	84
D'acier trempé.....	225.....	184
De fer mou.....	300.....	259
D'étain.....	100.....	59
De plomb.....	275.....	231
De zinc.....	100.....	59
De biſmuth.....	150.....	109
De marble blanc...	225.....	184
noir....	230.....	189
D'ivoire.....	108.....	67

En ſupprimant le poids de l'atmoſphere,

que *Muſſenbroek* évalue à 41 livres, la ſurface de ces cylindres étant de 1, 916 de pouces rhenan; on voit dans cette table, toute la force avec laquelle ils adhéroient entre eux, en vertu de la force attractive qui les maîtriſoit: mais il importe beaucoup, comme l'obſerve très-bien ce célebre Phyſicien, de faire attention, lorſqu'on veut répéter ces ſortes d'expériences, à l'épaiſſeur qu'on donne au liniment dont on enduit les ſurfaces des cylindres. Si cet enduit étoit trop épais, l'adhérence qu'on remarqueroit, ne ſeroit produite que par les parties de ce dernier; tandis qu'elle eſt produite, & par leurs attractions particulieres, & par celles des parties des corps qu'on unit & qui ſe touchent, lorſqu'on applique légérement ce liniment ſur leurs ſurfaces. Il faut lire dans l'Ouvrage que nous venons de citer, les obſervations que l'Auteur ajoute à la ſuite, & les variétés qu'il a obſervées dans ces ſortes d'expériences. Nous ne connoiſſons rien de plus propre à confirmer l'opinion que nous défendons ici, & à démontrer manifeſtement l'attraction de cohéſion entre deux ſolides. Veut-on une preuve de cette attraction, & un moyen aſſez exact de meſurer ſon intenſité

entre deux liquides de même eſpece ? L'expérience du D. *Taylor* eſt on ne peut plus propre à cet effet (1).

Expérience du D. Taylor, qui démontre l'attraction de cohéſion entre les parties d'un même liquide.

(24) Imbibez d'eau, pendant pluſieurs heures, un morceau de ſapin d'un pouce quarré de ſurface, & de trois à quatre lignes d'épaiſſeur. Suſpendez-le à l'un des bras d'une balance très-ſenſible, & mettez-la en équilibre avec un contrepoids ſuffiſant. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. III. fig.* 2.) Le poids d'un grain ſuffira pour faire trébucher la balance, & pour enlever le morceau de bois chargé d'eau. Remettez la balance en équilibre, avec cette différence que vous ferez toucher légérement la ſurface inférieure du morceau de bois, à celle d'une maſſe d'eau, compriſe dans un vaiſſeau, que vous préſenterez & que vous diſpoſerez au-deſſous. Tentez alors de faire trébucher la balance. Vous obſerverez qu'il ne faudra guere moins qu'un poids de cinquante grains pour produire cet effet.

Quelle preuve plus convaincante peut-on apporter de cette force attractive qui maîtriſe réciproquement les molécules de l'eau,

(1) Tranſ. philoſoph. n°. 368.

compriſes dans les pores du bois, & celles qui ſe trouvent à la ſurface du même liquide avec leſquelles les premieres ſont en contact? On voit manifeſtement ici, non-ſeulement l'effort qu'elles exercent les unes contre les autres; mais on peut encore apprécier, avec aſſez d'exactitude, cet effort, en conſidérant la quantité de grains qu'on emploie pour rompre l'équilibre, abſtraction faite toutefois de la réſiſtance que le fléau de la balance oppoſe à ſon mouvement; réſiſtance qui ne peut aller à un grain, lorſque la balance eſt bien ſenſible.

(25) La force attractive entre les molécules des liqueurs, ſe décele encore, d'une maniere très-ſenſible, par la forme que leurs gouttes affectent, & par l'effort que font les parties d'une liqueur homogene pour ſe rapprocher & pour s'unir.

Expérience qui confirme la même vérité, par la forme que les gouttes des liqueurs affectent.

Rempliſſez de liqueurs de différentes eſpeces, de petits entonnoirs de verre, dont les queues ſoient tirées en pointes. Laiſſez tomber des gouttes de ces liqueurs ſur des plans de différente ſolidité. Ces gouttes ſeront preſque ſphériques ſur des feuilles d'arbres, ou de quelques plantes, telles qu'on voit les gouttes de pluie, ou de roſée s'y

ramaſſer ; mais elles ſeront plus ou moins applaties dans un ſens, & elles ne formeront que des eſpeces d'hémiſpheres, ſur des plans de verre, de métal, ſur des pierres, ſur du marbre, &c.

Dans le premier cas, les forces attractives entre les molécules conſtituantes de ces liqueurs, étant de beaucoup ſupérieures à celles que les parties correſpondantes, du plan qui les ſoutient, exercent contre elles, elles ſurmontent ces dernieres. Ces molécules cédent donc alors à l'excès d'activité de leurs attractions particulieres : elles s'arrangent & elles ſe diſpoſent ſphériquement autour du centre de leur propre attraction.

Dans le ſecond cas, la denſité des plans étant ſupérieure à celle de ces liqueurs, & conſéquemment leur force attractive étant proportionnellement plus grande, celle-ci maîtriſe & ſurmonte l'attraction que les molécules correſpondantes des liqueurs exercent entre elles, & elle les empêche de ſe diſpoſer autour du centre de leur attraction particuliere.

Dira-t-on, avec les Carthéſiens, que la rondeur qu'on obſerve dans ces ſortes de gouttes, vient de la preſſion d'un fluide ambiant ?

ambiant ? Le même phénomene ſe fait également remarquer dans le vuide, & on obſerve bien plus, que deux gouttes d'une même liqueur, placées à une très-petite diſtance l'une de l'autre, ſe meuvent l'une vers l'autre, & ſe réuniſſent plus ou moins rapidement, pour n'en former qu'une ſeule. Au moment où elles font effort pour ſe réunir, on les voit s'alonger, devenir ovales, & reprendre, après leur réunion, la forme globuleuſe qu'elles venoient d'abandonner.

Si on conſidere les loix auxquelles les fluides ſont ſoumis dans leur preſſion, on ne pourra concevoir la réunion de ces gouttes dans l'hypothèſe Carthéſienne ; puiſqu'en vertu de cette hypothèſe, le fluide interpoſé entre les gouttes A & B (plan. 1, fig. 1), fait autant d'effort pour s'oppoſer à leur réunion, que la portion du même fluide, qui les preſſe extérieurement, en fait pour les obliger à ſe réunir. En faiſant même encore abſtraction de cette difficulté, on ne peut également concevoir, dans cette même hypothèſe, comment ces deux gouttes étant réunies, elles reprennent leur figure globuleuſe. On ſait, en effet, que la preſſion des fluides, toutes choſes égales d'ailleurs, aug- Plan. 1, fig. 1.

mente à raiſon de l'étendue des ſurfaces contre leſquelles elle ſe déploie. Cela poſé, la goutte A & la goutte B étant ovales, au moment où elles ſe réuniſſent, leurs ſurfaces, conſidérées ſuivant les directions a b & c d, ſont bien plus grandes que celles qui ſont déſignées par a c & b d. La preſſion du fluide ambiant doit donc être proportionnellement plus forte, ſelon les deux premieres, que ſelon les deux dernieres directions. Elle doit donc les applatir davantage, au lieu de les arrondir. Leur rondeur décele donc manifeſtement l'attraction de cohéſion entre les parties intégrantes de ces gouttes.

Subterfuge des Carthéſiens.

Convaincus, par ces raiſonnemens, du défaut de leur hypothèſe, les Carthéſiens modernes conviennent aſſez univerſellement, qu'il n'eſt pas poſſible d'expliquer ces phénomenes par la preſſion d'un fluide ambiant. Ils conviennent encore de bonne foi, qu'ils dépendent d'un principe interne & propre aux corps mêmes; mais ennemis déclarés de l'attraction, ils imaginent que ce principe interne, cette force qui réſide dans les corps eux-mêmes, n'eſt autre choſe qu'une atmoſphere, qui pénetre la ſurface de ces corps, & ſe répand autour de cette ſurface. Ces

atmoſpheres inviſibles ſe mêlent dès qu'elles ſe touchent, & forcent par-là, diſent-ils, les corps qu'elles enveloppent à ſe rapprocher (1). En ſuppoſant l'exiſtence de ces prétendues atmoſpheres, que peuvent-elles produire, ſi elles ſont en repos, & même ſi on les ſuppoſe en mouvement? Loin de ſe mêler, ne doivent-elles pas ſe repouſſer avec une force proportionnée à l'énergie de leur mouvement? Quelle pourroit être d'ailleurs leur origine? Comment ne ſe diſſiperoient-elles point à l'air, lorſqu'il eſt agité, ou à la chaleur du feu, dont le propre eſt de tout évaporer (2)? Pourquoi leur mouvement ne s'épuiſe-t-il pas à la longue, & n'eſt-il pas, s'il ſubſiſte, le principe de leur deſtruction, l'exiſtence du vuide étant ſur-tout conſtatée? Que les Carthéſiens conviennent donc de bonne foi, que tous leurs principes ſont inſuffiſans, & que l'impulſion n'a que la plus petite part poſſible à de ſemblables phénomenes. Réfutation.

(26) L'expérience que *Grimaldi* fit ſur la fin du dernier ſiecle, & dont *Newton* fut

(1) Helvetius, prin. phyſ. medica, v. 1, pag. 56 & 87.
(2) Sigorne, inſtit. Newton. pag. 380.

tirer le plus grand parti, eſt encore on ne peut plus concluante en faveur de notre opinion. Elle prouve que l'attraction ſe manifeſte également entre des corps de différentes eſpeces, entre un fluide & un ſolide.

Expérience de Grimaldi, qui démontre l'attraction de cohéſion entre un fluide & un ſolide.

Déterminez un rayon de ſoleil à paſſer obliquement dans l'intérieur d'une chambre bien obſcurcie : il y ſuivra une ligne droite, à l'extrémité de laquelle il ira ſe peindre ſur un des points du parquet. Oppoſez dans le trajet de ce rayon, mais à une très-petite diſtance au-deſſous, l'angle aigu d'un corps qui ſe termine en pointe ; (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. III*, *fig.* 3.) vous le verrez, attiré par la pointe que vous lui préſenterez, ſe détourner de la ligne qu'il ſuivoit, ſe fléchir, & venir ſe peindre ſur un point du même parquet, mais plus rapproché du pied de cette pointe. Il n'eſt donc aucune circonſtance qui ne puiſſe nous fournir des preuves plus ou moins manifeſtes de l'attraction de cohéſion.

Nous terminerons par l'expérience ſuivante, celles que nous nous ſommes propoſées de fournir en faveur de cette eſpece d'attraction, conſidérée comme cauſe de la cohérence qu'on remarque entre les parties intégrantes des mixtes.

(27) Mêlez enſemble parties égales, ou à-peu-près, d'huile de tartre & d'huile de chaux. Agitez fortement ces deux liqueurs, avec le doigt, ou avec une ſpatule de bois : leur liquidité diſparoîtra, & le mêlange prendra une conſiſtance aſſez ferme, pour qu'on puiſſe le manier, & en former une maſſe d'une certaine ſolidité, propre à conſerver la figure qu'on voudra lui faire prendre.

Expérience. Attraction de cohéſion confirmée par le mêlange de deux liqueurs qui forment un coagulum.

On remarquera un phénomene de cette eſpece, ſi on mêle enſemble, comme l'obſerve très-bien *Muſſenbroek* (1), de l'eſprit urineux, avec de l'alkool de vin : on obtiendra un ſolide aſſez ſemblable à un morceau de glace. Le blanc d'œuf ſe coagulera pareillement, & acquérera une ſolidité aſſez marquée, ſi on le mêle avec de l'eſprit de ſel marin, ou avec de l'eſprit de nitre, ou de l'eſprit de ſoufre, ou avec de l'huile de vitriol. Ces différens eſprits ont également la propriété de coaguler le ſang (2).

Ces ſortes de converſions, ces changemens de liquides en ſolides, confirment, on ne

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

(2) Duhamel, Hiſt. Acad. Reg. t. 1, ſect. 5, cap. 1.

peut davantage, l'opinion dont il eſt ici queſtion. L'huile de tartre dont on fait uſage dans la premiere des expériences que nous venons de rapporter, eſt un alkali fixe (note 3) étendu dans la moindre quantité d'eau poſſible. L'huile de chaux eſt un ſel neutre (note 3), dont la baſe eſt une terre calcaire, & dont l'acide eſt celui du ſel marin. Les molécules de chacun de ces ſels diviſés & étendus dans leur liqueur particuliere, ſont trop écartées les unes des autres, pour ſe toucher, par un aſſez grand nombre de points, pour s'agglomérer, s'unir & troubler la liquidité des liqueurs qui les contiennent; mais combinées enſemble, agitées, le ſel neutre de l'huile de chaux ſe décompoſe, la terre calcaire qui lui ſert de baſe, ſe précipite, & l'alkali de l'huile de tartre s'unit intimement à l'acide marin, à proportion qu'il ſe dégage de ſa baſe. Il réſulte de cette combinaiſon un nouveau ſel neutre, qui ne peut ſe diſſoudre que dans une large quantité d'eau. Ce ſel conſerve donc ici ſa forme concrete : il forme de petits cryſtaux mattes, qui ſe précipitent eux-mêmes, & qui ſe joignent à la terre calcaire; & cette maſſe ſolide abſorbant le principe aqueux, forme

le *coagulum* qu'on obſerve dans cette expérience. On ſaiſira encore mieux la raiſon de ce phénomene, lorſque nous aurons expoſé les loix des affinités chymiques, qui ne ſont autre choſe que des modifications particulieres de l'attraction de cohéſion.

(28) Si le Phyſicien porte ſes recherches ſur une multitude de phénomenes qu'il peut obſerver habituellement dans l'économie animale, il y trouvera des preuves manifeſtes de la certitude de notre opinion. Il obſervera que l'impulſion, ou la preſſion extérieure, & en tout ſens, bien loin de concourir à l'adhérence entre des parties, qui tendent cependant à ſe réunir, en vertu de la force attractive qui les maîtriſe, il obſervera dis-je, que cette preſſion s'oppoſe, au contraire, à leur union, & entretient, dans l'économie animale, la fluidité des liqueurs, & les empêche de ſe coaguler. Il obſervera qu'elles ne ſont jamais plus fluides, que l'adhérence entre leurs parties n'eſt jamais moindre que lorſque, renfermées dans les vaiſſeaux qu'elles rempliſſent, elles en ſont fortement preſſées, & en toutes ſortes de ſens. La force contractile de ces vaiſſeaux, deſtinée à donner à ces liqueurs un certain degré d'im-

Confirmation de notre opinion, déduite de pluſieurs phénomenes de l'économie animale.

pulſion, les ſubtiliſe encore, & augmente leur fluidité; mais épanchées hors de leurs vaiſſeaux, & ſouſtraites à cette impulſion, on voit leur fluidité diminuer plus ou moins ſenſiblement. Leurs parties alors, rendues à la force attractive qu'elles exercent les unes contre les autres, elles ſe rapprochent de plus en plus, & elles forment des maſſes qui s'épaiſſiſſent à proportion. Ne voyons-nous pas tous les jours le ſang & le lait ſe cailler, & former des maſſes ſolides, lorſque, ſortis de leurs propres vaiſſeaux, on les contient dans des vaſes ſolides, dépourvus de cette force contractile qui entretenoit leur fluidité ? Ne voyons-nous pas encore quantité d'humeurs de différentes eſpeces, ſéparées dans des couloirs particuliers, y perdre leur fluidité, & s'y épaiſſir d'une maniere plus ou moins ſenſible ? C'eſt ainſi que les glaires, originairement fluides, s'épaiſſiſſent dans l'eſtomac & dans les inteſtins, où elles ne ſont plus preſſées & ſoumiſes à la force contractile qu'elles éprouvoient, lorſqu'elles étoient retenues dans les routes de la circulation. La ſalive, cette liqueur très-coulante dans ſes propres vaiſſeaux, ne s'épaiſſit-elle pas également après ſa ſecrétion ? Le

mucus narium, dépoſé dans les ſinus frontaux, n'y perd-il pas ſa fluidité, & ne s'y transforme-t-il pas ſouvent en une maſſe d'une conſiſtance très-marquée ? Tous ces effets ſe font donc obſerver, lorſque, rendues à leur attraction réciproque, les parties des liqueurs n'éprouvent plus de preſſion en tout ſens, & n'ont plus à ſurmonter cet obſtacle qui s'oppoſoit à leur cohéſion.

Ce phénomene, bien plus univerſel encore dans l'économie animale, ſe fait auſſi remarquer toutes les fois qu'on emporte & qu'on retranche quelque partie charnue, ou oſſeuſe dans un animal vivant. Les liqueurs fluides, avant cette opération, & qui couloient librement par les points des parties retranchées, s'y épaiſſiſſent, ſe portent dans des tuyaux voiſins qui ſe développent inſenſiblement, parce qu'ils ceſſent d'être preſſés, à raiſon de la ſolution de continuité, & ce premier développement produit des chairs molles. Celles-ci continuant à ſe développer, elles acquierent à la longue le degré de dureté qui convient aux ſubſtances qu'elles régénerent.

Lorſqu'après l'opération du trépan, la couronne de cet inſtrument laiſſe une ou-

verture ſur la ſurface du crâne, ne voyons-nous pas quantité de petits points rouges qui ſaillent autour de la circonférence de ce trou ? Ne les voyons-nous pas groſſir ſenſiblement, & engendrer de petites maſſes charnues, qui ſe réuniſſent, ſe durciſſent à la longue, & acquierent à la fin la conſiſtance & la dureté de la portion oſſeuſe qu'elles remplacent ? Nous pourrions citer encore nombre de phénomenes également connus dans l'économie animale, & également propres à démontrer l'univerſalité de la cauſe à laquelle on doit rapporter la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes : mais cette cauſe étant ſuffiſamment démontrée, par ce que nous avons expoſé dans le cours de ce paragraphe, nous nous bornerons à ces dernieres obſervations : elles ſuffiſent pour mettre le Phyſicien ſur la voie de les continuer & de les multiplier.

SECONDE SECTION.

Des propriétés générales des corps.

(29) TOUT ce qui exiſte dans les corps, dit *Muſſenbroek* (1), & qui eſt propre à affecter quelqu'un des organes de nos ſens, de maniere à exciter auſſi-tôt dans l'ame l'idée de ſa préſence, s'appelle *qualité* ou *propriété*. Or, ces propriétés ſont de différentes eſpeces. Les unes conviennent indiſtinctement à tous les corps, dans quelqu'état, dans quelque circonſtance qu'on les conſidere; & c'eſt pour cette raiſon qu'on les regarde comme des *propriétés générales*. Définition. Propriétés générales.

D'autres conviennent encore à tous les corps, mais ſeulement dans quelques circonſtances particulieres: celles-ci ne ſont, à proprement parler, que des modes, & non de véritables propriétés. Modes.

Quelques-unes n'appartiennent & ne ſe découvrent que dans quelques eſpeces de corps. Il en eſt même qui ne conviennent Propriétés particulieres.

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 1.

qu'à quelques individus, pris dans telle ou telle eſpece en particulier. Auſſi les regarde-t-on comme des *propriétés particulieres.* Nous ne parlerons dans cette Section, que des propriétés générales. Nous ne nous occuperons des autres, que lorſque l'occaſion s'en préſentera.

Diviſion de cette ſection.

On range communément parmi les propriétés générales des corps, leur *étendue*, leur *figure*, leur *impénétrabilité*, leur *poroſité*, leur *diviſibilité*, leur *mobilité.* Chacune de ces propriétés nous fournira la matiere d'un article particulier, à l'exception des deux premieres que nous croyons devoir réunir dans l'article ſuivant.

ARTICLE PREMIER.

De l'étendue & de la figure des corps.

Qu'eſt-ce que l'étendue?

(30) Qu'eſt-ce que l'étendue? Fait-elle l'eſſence de la matiere? Ce ſont deux grandes queſtions: elles furent agitées pendant long-tems dans l'Ecole; mais elles ne ſont propres qu'à exercer l'imagination de ceux qui aiment les diſputes métaphyſiques. A com-

bien d'abſurdités la premiere ne donna-t-elle pas originairement naiſſance ? Nous nous garderons bien de les tirer aujourd'hui de l'oubli dans lequel les principes de la ſaine philoſophie les avoient plongées depuis long-temps, lorſqu'il plut à *Leibnitz* (1) de les faire revivre, & de les repréſenter en partie, ſous une nouvelle forme, plus ſéduiſante, ſi on veut, mais également peu ſolide, comme il ſera facile de s'en convaincre, par l'expoſé ſuccinct que nous croyons devoir donner de ce fameux ſyſtême qui fit tant de bruit en Phyſique vers la fin du dernier ſiecle.

Opinion de Leibnitz.

(31) Rien n'exiſte dans la Nature, dit ce célebre Métaphyſicien, ſans une raiſon ſuffiſante de ſon exiſtence. Or, *la raiſon ſuffiſante de l'étendue, ne peut être autre choſe*, ſuivant lui, *que la non-étendue.* Dire, en effet, qu'un être eſt étendu, parce qu'il eſt compoſé de parties étendues, c'eſt faire un cercle vicieux, & laiſſer à deviner la raiſon ſuffiſante de l'étendue de chacune de ces parties. Il faut donc, conformément à l'opinion de *Leibnitz*, néceſſairement admettre des êtres inétendus, dépourvus de parties,

(1) Leibnitz, act. Leipſ.

parfaitement ſimples, indiviſibles, non figurés. Ce ſont ces êtres qu'il appelle des *monades*, & qu'il regarde comme les premiers élémens, ou les premiers délinéamens de l'étendue. Mais qu'eſt-ce qu'une *monade ?* Ecoutons les Proſélytes de cette fameuſe opinion.

Théorie des monades.

Ce ſont, diſent-ils, des êtres ſimples, dépourvus de parties, & conſéquemment dépourvus des propriétés qui naiſſent de la compoſition. Inétendus, ils ne ſont point ſuſceptibles de diviſion ; & par la même raiſon, on ne peut leur ſuppoſer de figure, puiſque ce dernier caractere ſuppoſe lui-même les limites de l'étendue. Ils n'ont point également de grandeur : ils ne rempliſſent aucun eſpace, & conſéquemment ils ne peuvent avoir aucun mouvement intime. Ils ſont néanmoins actifs ; pluſieurs ſont repréſentatifs ; tous ne peuvent être vus, ni touchés, ni devenir ſenſibles à l'imagination par aucune image.

La raiſon ſuffiſante des monades, ſe trouve dans Dieu. Il n'a pu créer l'étendue, ſans avoir créé auparavant des êtres ſimples ; puiſqu'il faut de toute néceſſité, diſent les Leibnitiens, que les parties compoſantes

exiſtent avant le compoſé ; & comme ces parties ne ſont point réſolubles en d'autres, leur raiſon ſuffiſante ſe trouve dans l'acte même de leur création.

Dieu lui même n'eſt qu'une pure monade, mais une monade éternelle, incréée, à laquelle toutes les autres doivent leur exiſtence. L'ame humaine eſt une monade ſpirituelle, plus parfaite, plus repréſentative, plus intelligente que celle qui conſtitue l'ame de la brute, également immatérielle, également capable de ſentiment, mais moins ſuſceptible de connoiſſances. Chaque portioncule de matiere eſt encore une monade d'un ordre inférieur, & qui differe en genre & en intenſité de perfections, comme les monades ſpirituelles, puiſqu'il ne peut exiſter dans la Nature, en conſéquence du principe de la raiſon ſuffiſante, deux êtres parfaitement ſemblables.

C'eſt à l'aide de ces données, ou mieux de ces propriétés, que *Leibnitz* attribue à ſes monades, qu'il prétend rendre raiſon de l'harmonie de ce vaſte univers.

Comme *ſimples* & *inétendues*, ces monades ſont, ſuivant lui, la raiſon ſuffiſante de la compoſition des mixtes, & de leur

étendue. *Diſſemblables entre elles*, elles ſont le fondement de la diverſité qui regne dans toute la Nature, ſoit dans le genre moral, ſoit dans le genre phyſique. *Actives*, on y trouve la raiſon ſuffiſante du mouvement, de cette activité permanente qui concourt à la deſtruction & à la reproduction continuelle de tous les êtres de la Nature. *Repréſentatives*, elles ſont l'origine féconde de nos idées en tout genre, en conſéquence des images que les ſubſtances matérielles impriment aux monades actives qui nous environnent, & qui tranſportent cette impreſſion à la monade repréſentative & intelligente qui nous anime. Ces images ſont d'autant plus lumineuſes, ces idées ſont d'autant plus claires, plus parfaites, ou moins partielles, que nous ſommes plus à portée de recevoir les impreſſions des monades extérieures qui nous affectent.

Mais il n'eſt que la monade ſuprême, la monade par excellence, la monade-Dieu, dont les idées ſoient parfaitement adequates, parce qu'elle ſeule eſt préſente par-tout; elle ſeule eſt infiniment repréſentative.

Telle eſt, en peu de mots, l'idée qu'on peut ſe former de l'hypothèſe de *Leibnitz*, qui

qui ne differe point eſſentiellement de celles de *Zenon*, d'*Epicure*, *du Pere Magnan*, & de pluſieurs autres abſurdités ſemblables, dont tout le mérite conſiſte dans la ſingularité & dans une ſavante obſcurité qu'il n'eſt pas donné à tout le monde de pénétrer.

Maniere de conſidérer l'étendue.

S'il n'eſt pas poſſible de remonter juſqu'à la nature de l'étendue, & d'aſſigner le principe qui la conſtitue, il ſuffit au Phyſicien de connoître ſes propriétés. Elles dérivent toutes des différens points de vue ſous leſquels on la conſidere, & ces derniers ne ſont autre choſe que les trois dimenſions qu'il a plu au Géometre de diſtinguer dans l'étendue, la *longueur*, la *largeur* & la *profondeur*. Si ces trois dimenſions ſont phyſiquement inſéparables, ſi elles appartiennent conſtamment à tout être matériel quelconque, on peut néanmoins les conſidérer ſéparément & indépendamment les unes des autres. Chacune de ces dimenſions a ſa nature particuliere; elle ne peut être confondue avec l'une des deux autres; & c'eſt un avantage précieux dont le Géometre a ſu profiter, pour aſſigner toutes les propriétés de l'étendue; propriétés que le Phyſicien ne doit

point ignorer, mais qui ne ſont point du reſſort de notre Ouvrage.

De l'eſſence de la matiere.

(32) Cette étendue appartient naturellement à tous les êtres qui ſont portion de l'univers matériel, & elle ſe préſente d'abord à nos recherches, dès que nous conſidérons un corps. Mais fait-elle l'eſſence de

Opinion de Deſcartes.

la matiere, comme il plut à *Deſcartes* de l'imaginer (1)? C'eſt une queſtion ſur laquelle nous nous arrêterons un inſtant. Elle ſéduiſit, vers la fin du dernier ſiecle, la plus grande partie des Phyſiciens, & elle mérite que nous en faſſions connoître toute la fauſſeté.

Réfutation.

Toute portion de matiere eſt véritablement étendue : c'eſt un principe univerſellement reçu. Le plus petit point, celui qui ſe dérobe à la foibleſſe de nos organes, & qui échappe encore à notre vue, aidée des meilleurs microſcopes, jouit, ſans contredit, de toutes les dimenſions qu'on conſidere dans l'étendue ; mais ce n'eſt pas une raiſon ſuffiſante pour faire conſiſter l'eſſence de la matiere dans l'étendue. Il ne ſuffit pas, en

(1) Deſcartes, Prin. de la Philoſ. part. 2.

effet, pour cela, que tout ce qui eſt matiere, ſoit étendu ; il faudroit, encore, que tout ce qui eſt étendu fût matériel. Or, on conçoit facilement une étendue non matérielle, & on ne peut refuſer cette dénomination à l'eſpace, conſidéré en lui-même, abſtraction faite de tout corps dont il peut être rempli. Il faut, comme l'obſerve très-bien le D. *Deſaguilliers* (1), & quantité de Phyſiciens après lui, que l'étendue ſoit accompagnée de réſiſtance, pour faire naître en nous l'idée de la matiere ; encore n'oſerions-nous aſſurer que l'étendue & la réſiſtance réunies conſtituaſſent l'eſſence de la matiere.

Opinion plus probable.

On convient cependant unanimement, peut-on dire en faveur de cette derniere opinion, que l'eſſence d'un être quelconque conſiſte dans une propriété radicale, qui doit être la ſource principale de toutes les propriétés qu'on découvre dans cet être. Or, l'étendue, jointe à la réſiſtance, paroiſſent réunir cet avantage dans la matiere. Dès qu'on conçoit la matiere comme étendue & réſiſtante, on conçoit dès-lors aſſez bien,

Obſervation qui vient à l'appui de cette opinion.

(1) Deſaguilliers, Cours de Phyſ. t. 1.

& on en déduit assez facilement toutes les propriétés que nous considérons dans cet être.

On conçoit, en effet, que la matiere étant étendue, elle doit nécessairement occuper une portion du vaste espace de l'univers; elle doit être figurée, divisible, mobile, &c. Cette étendue étant résistante, elle doit être impénétrable, &c. Mais si toutes ces propriétés, & plusieurs autres que nous passons sous silence, paroissent suivre, ou, pour ainsi dire, découler de l'étendue & de la résistance, est-ce une raison suffisante pour faire consister l'essence de la matiere dans la réunion de ces deux propriétés ? Ne pourroit-on pas soupçonner qu'elles dussent elles-mêmes leur origine à une autre propriété plus intime, que nous n'avons encore pu saisir & découvrir dans la matiere ? Il est donc plus prudent d'abandonner ces questions purement métaphysiques, & de ne s'attacher qu'à celles qu'on peut résoudre par des moyens véritablement physiques. C'est pour cette raison que nous traiterons aussi briévement la suivante : elle est du même genre, & elle suit ordinairement celle dont nous venons de parler. *La matiere est-*

Incertitude sur cette opinion.

elle homogene dans tous les corps? N'exiſte-t-il dans l'univers qu'une ſeule & unique eſpece de matiere, dont les parties, différemment combinées, forment ces petites maſſes du premier ordre, que nous regardons comme les principes ou les élémens de tous les mixtes?

De l'homogénéité de la matiere.

(33) On conçoit facilement toute la difficulté de cette queſtion, ſur laquelle les ſentimens ont toujours été & ſeront peut-être encore long-temps partagés. Si les procédés qu'on retire de la derniere analyſe des mixtes, étoient des êtres ſimples, parfaitement homogenes, incapables d'être décompoſés, & qu'on pût les regarder comme les véritables élémens de la matiere, il eſt conſtant que celle-ci ne ſeroit point homogene & parfaitement ſimilaire; puiſque la décompoſition des mixtes fournit, comme nous l'avons obſervé précédemment, quatre principes différens: mais ſi ces principes ſont eux-mêmes, comme il pourroit très-bien ſe faire, le réſultat d'une combinaiſon ultérieure, il eſt également conſtant que la queſtion reſte indéciſe, juſqu'à ce que, décompoſés en leurs derniers élémens, on ait pu découvrir ſi ces élémens different entre eux, ou

s'ils ſont parfaitement homogenes, & s'ils ne different dans les compoſés qu'ils conſtituent, que par leur nombre, leur figure & leur ſituation reſpective. En ſuppoſant toutes fois cette derniere propoſition comme démontrée, il eſt aſſez facile de rendre raiſon de la compoſition de tous les mixtes. On conçoit effectivement qu'il peut réſulter de l'union des premiers élémens, différemment combinés, des molécules de différentes eſpeces : que ces molécules étant elles-mêmes variées d'une multitude prodigieuſe de manieres, elles pourront conſtituer autant de mixtes différens qu'il eſt poſſible d'en imaginer. Mais ce n'eſt qu'une pure conjecture ; & la preuve ſur laquelle on prétend l'appuyer, eſt encore fort éloignée du degré de certitude qu'on voudroit lui prêter.

Réfléchiſſons, nous dit-on, aux changemens qui arrivent, & que ſubiſſent les végétaux, par exemple, qui ſont la baſe de notre nourriture ordinaire. Le froment écraſé ſous la meule, s'y convertit en farine : les molécules de cette farine, raſſemblées & pêtries avec de l'eau, forment une pâte : cette derniere, ſoumiſe à l'activité du feu, fait du pain : ce pain porté, après une maſtication ſuffiſante, dans notre

eſtomac, s'y convertit en chyle (note 1). Cette humeur nourriciere, mêlée avec le réſidu du ſang, pouſſée avec lui dans le cœur (note 2), & à travers les poumons, devient de même de véritable ſang (note 3), qui circule enſuite dans toute l'habitude du corps, & qui porte à chacune des parties la nourriture & les réparations dont elles ont beſoin. Là, il ſe convertit en os; il prend ici la forme de membranes; ailleurs, il ſe change en cartilages, en chairs, en graiſſes, &c. (note 4).

Note 1.

Note 2.

Note 3.

Note 4.

En admettant les tranſmutations que nous venons d'indiquer, & qui ſont on ne peut plus conformes aux loix de l'économie animale, nous obſerverons qu'elles ne prouvent nullement la certitude de l'opinion qu'on voudroit établir. Il s'en faut de beaucoup que le froment, qui fait ici la matiere premiere de ces tranſformations, ſoit une matiere ſimple & homogéne. Il eſt compoſé de pluſieurs principes que l'analyſe chymique y découvre, & qu'elle en ſépare. On ne peut donc conclure, d'après l'expoſé des phénomenes précédens, qu'une ſeule & unique matiere ſimple & homogene puiſſe former des corps de différentes eſpeces, par la ſeule diſpoſition de ſes parties. Nous n'avons donc encore aucune preuve de

Obſervation contre l'homogénéité de la matiere.

l'homogénéité qu'on voudroit admettre dans la matiere : tout nous porte, au contraire, à la regarder comme une ſubſtance hétérogene, s'il eſt permis d'en juger par l'analyſe chymique, & ſur-tout par les travaux infructueux de ceux qui ſe ſont livrés avec la plus grande opiniâtreté à la recherche de la *pierre philoſophale* (note 5). N'avançons donc rien ici ſur cet important objet, que nous regrettons de ne pouvoir mieux connoître, que ce que l'expérience & l'obſervation pourront ſuffiſamment confirmer. Diſons ſeulement que la matiere eſt une ſubſtance étendue & réſiſtante, propre à affecter de différentes manieres les organes de nos ſens, & à produire toutes les ſenſations dont ils ſont ſuſceptibles.

Note 5.

De la figure.

(34) Cette étendue que nous appercevons dans la matiere, & en particulier dans tous les êtres matériels que nous pourrions ſoumettre à l'examen, eſt bornée en toutes ſortes de ſens. Le corps le plus étendu que nous pourrions imaginer, n'eſt point infini : cette propriété ſe trouve néceſſairement exclue de l'idée de la matiere. Tout corps, quelqu'étendu qu'on le ſuppoſe, eſt donc néceſſairement borné dans ſon étendue,

& conſéquemment figuré, puiſque c'eſt la diſpoſition des bornes, qui circonſcrivent, en toute ſorte de ſens, l'étendue d'un être matériel, qui deſſine ſa figure : il n'eſt donc aucun corps dans la nature qui ne ſoit figuré. Juſques-là tous les Phyſiciens ſont d'accord entre eux. Mais cette figure, ſous laquelle chaque partie de l'univers matériel s'offre à nos recherches, appartient-elle ſpécialement à cet être? eſt-ce un caractere particulier qui le diſtingue de tout autre individu de la même eſpece ? Cette queſtion n'eſt point encore abſolument réſolue. Les Phyſiciens ſont partagés à ce ſujet, & les deux opinions contraires ſont appuyées ſur des preuves métaphyſiques également ſéduiſantes.

Figures ſimilaires. Fondement de cette opinion.

(35) L'impoſſibilité à laquelle l'homme eſt réduit de travailler deux corps aſſez artiſtement, pour qu'ils ſoient parfaitement ſemblables, & pour qu'on puiſſe les confondre, a fait croire à quelques-uns, que la production de pluſieurs êtres ſemblables étoit une perfection de plus dans l'acte de la création. Ce raiſonnement n'en impoſa point à *Leibnitz* : il embraſſa l'opinion des Stoïciens (1), qui

Opinion contraire. Preuve ſur laquelle elle eſt fondée.

(1) Cicero, Tuſcul. quæſt. lib. 4. Plin. Hiſt. Nat.

n'admettoient point de parties ſimilaires. S'il y avoit, dit-il, dans la nature deux parties parfaitement ſemblables, en ſorte qu'on pût mettre l'une à la place de l'autre, ſans qu'il en ſurvînt le moindre changement, il n'y auroit point de *raiſon ſuffiſante*, pour que l'une de ces parties fût placée dans la lune, par exemple, & l'autre ſur la terre, puiſqu'en les faiſant changer de place, les choſes demeureroient encore dans le même état. Mais, ſans nous arrêter à des raiſonnemens métaphyſiques, conſultons l'expérience; promenons nos regards ſur tous les objets ſenſibles qui nous environnent; examinons avec attention tous les individus de même eſpece, que nous pourrons rencontrer, & nous n'en trouverons certainement pas deux qui ſoient parfaitement ſemblables. Quelle diverſité, par exemple, ne remarque-t-on pas dans la multitude prodigieuſe d'individus pris dans l'eſpece humaine? Trouve-t-on, dans une foule de peuple qu'on paſſe en revue, deux viſages qui ſe reſſemblent parfaitement, & ne diſtinguerions-nous pas entre dix mille, dit un célebre Phyſicien (1), les traits d'une

Diſparités entre les êtres ſenſibles.

(1) Nollet, Leçons de Phyſ. t. 1.

perſonne que nous cherchons ? Si nous confondons, au premier aſpect, deux feuilles détachées d'un même arbre, examinons-les avec plus d'attention ; que de diſparités ne faiſirons-nous pas alors ? Dépouillons l'arbre entiérement ; étendons le même examen ſur toutes ſes feuilles, nous remarquerons encore, dans chacune, des différences individuelles aſſez ſenſibles, aſſez caractériſées, pour les diſtinguer les unes des autres. Sur quelques objets que ſe portent nos recherches, lorſque nous conſidérons cette multitude étonnante d'êtres ſenſibles & de différentes eſpeces qui nous environnent, nous n'en rencontrons pas deux qui ſoient parfaitement ſemblables, ſur-tout ſi nous joignons à la variété de leurs figures, la diverſité de leurs couleurs.

Mêmes diſparités entre les êtres inſenſibles.

(36) Il paroît aſſez évident, en raiſonnant par analogie, & c'eſt bien ici où cette eſpece de preuve peut avoir lieu, il paroît, dis-je, aſſez évident que nous devons obſerver la même diverſité dans les êtres inſenſibles, dans ceux qui ſe dérobent à la foibleſſe de notre vue, & que nous ne pouvons découvrir qu'à l'aide des meilleurs microſcopes. Non moins féconde, non moins riche dans

la production de ces derniers, la nature paroît avoir pris plaiſir à diverſifier également leurs figures. S'il s'en trouve quelques-uns dans cette claſſe, qui nous trompent au premier aſpect, un examen plus ſcrupuleux nous fait aiſément découvrir notre erreur.

Prenons pour exemple les cryſtalliſations d'un même ſel (note 6); elles paroiſſent, à la vérité, affecter une forme conſtante. Le Chymiſte & le Naturaliſte, qui ne les conſiderent qu'en maſſe, & qui ne s'attachent qu'à la figure qu'elles préſentent au premier coup-d'œil, les regardent comme ſimilaires; mais les différences individuelles qui caractériſent chaque partie de la même cryſtalliſation, n'échappent point aux yeux d'un Obſervateur attentif, ſur-tout s'il les examine avec une bonne loupe, ou ſous la lentille d'un excellent microſcope.

Note 6. Cryſtalliſations des ſels.

Nous ne diſconvenons point qu'en nous en rapportant à notre maniere ordinaire de voir, tous les cryſtaux d'un même ſel paroiſſent ſemblables. Ceux du ſel marin, par exemple, ſont autant de petits cubes dont les angles ſont coupés: ceux du ſel de nitre, ou du ſalpêtre (note 7), prennent la forme de petites aiguilles, ou mieux, ſont autant d'exagones

Note 7.

déliés, dont les côtés ſont des parallelogrammes. Ceux du ſucre ſont autant de petits globules, &c. Voilà ce qu'on apperçoit d'abord, lorſqu'on ne s'occupe que de leur forme en général, & qu'on ne ſaiſit que les caracteres les plus ſenſibles. Mais apportons ici un œil plus attentif, & nous trouverons encore la même richeſſe, la même abondance dans la variété des formes & des figures.

Expérience qui démontre les diſparités dans la figure des cryſtalliſations d'un même ſel.

Placez ſous la lentille d'un microſcope à trois verres (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. tom. I, pl. 3, fig. 4.*) une lame de verre ſur laquelle vous aurez fait cryſtalliſer un ſel quelconque, ſuppoſons du ſel marin. Examinez avec attention tous les cryſtaux que le champ du microſcope embraſſera, & vous obſerverez, dans la figure de ces petits êtres, des caracteres différens, des variétés ſenſibles qui les diſtingueront ſuffiſamment les uns des autres, pour vous convaincre que les cryſtalliſations d'un même ſel ne ſont point, à proprement parler, ſimilaires. D'où vous conclurez, par analogie, qu'on doit obſerver la même diverſité dans les figures des êtres inſenſibles, & telle que nous l'avons déja fait remarquer dans la figure des êtres ſenſibles. L'expérience, abſ-

traction faite de toute raiſon métaphyſique ; nous apprend donc que la figure des êtres matériels eſt tellement variée, qu'il n'exiſte pas deux individus, pris dans la même eſpece, qui ſoient parfaitement ſemblables.

Si les cryſtalliſations des ſels viennent très-bien ici à l'appui de l'opinion que nous défendons, ces ſortes d'obſervations ſont on ne peut plus propres à occuper les loiſirs d'un Naturaliſte & d'un Phyſicien, qui ſe plairoient à obſerver cette multitude prodigieuſe & variée de figures que chaque cryſtalliſation offre à ſa curioſité. *Bellini* (1), *Lewenhoek* (2), *Cappeller* (3), *Beker* (4), ſont ceux qui ſe ſont occupés les premiers de ces ſortes d'obſervations, & qui nous ont inſpiré le goût de ces recherches qu'on peut encore étendre & varier de pluſieurs manieres, ſur-tout en multipliant ces variétés, par différens mêlanges qu'on peut faire avec la plus grande facilité, ſelon le procédé ingénieux de M. *de la Condamine*. Ce célebre

(1) Bellin. de guſtu.

(2) Lewenhoek, t. 1. Epiſt. ann. 1679.

(3) Capp. prodtomus cryſtallograph.

(4) Le Microſcope à la portée de tout le monde.

Académicien, qui ne ſe délaſſoit d'un travail pénible, que par un travail agréable, prit plaiſir à combiner enſemble des métaux de différentes eſpeces, en les ſoumettant à l'action d'un même diſſolvant, & il parvint à produire des cryſtalliſations ſingulieres. Ces cryſtaux ſe préſentent ordinairement ſous la forme de différens arbriſſeaux, munis de leurs branches, de pluſieurs rameaux, tous variés par leurs longueurs, leurs directions, les uns droits, les autres courbés, d'autres angulaires, preſque tous hériſſés d'un ou de deux côtés, & portant de petits globules qui reſſemblent aſſez à des fruits.

Cryſtalliſations métalliques.

Si nous ne pouvons nous permettre une digreſſion un peu étendue ſur cette agréable matiere, parce qu'elle nous éloigneroit trop de notre objet principal, nous croyons devoir indiquer aux Phyſiciens les moyens les plus ſimples pour faire ces ſortes d'obſervations.

Maniere de multiplier ces ſortes d'obſervations.

On fait fondre ſéparément différens métaux dans les diſſolvans qui leur ſont propres, & on plonge enſuite quelques petites parcelles d'un métal étranger, ou d'un demi-métal dans chacune de ces diſſolutions: on plonge, par exemple, dans une diſſolution

d'or, faite par l'eau-régale, on y plonge un petit morceau de cuivre jaune, d'étain, de plomb, de zinc, de bismuth, &c. On fait, par ce moyen, des mêlanges plus ou moins variés, dont les résultats présentent les phénomenes que nous venons d'indiquer. Or, comme on peut employer ici l'action de tous les dissolvans pris en particulier, & qu'on peut, non-seulement diversifier les mêlanges, mais encore les combiner & multiplier plus ou moins leurs combinaisons, on conçoit facilement la multitude prodigieuse de nouvelles observations qui restent encore à faire.

Du goût. (37) C'est à la forme assez constante & à cette variété qu'on observe dans la figure de chaque sel en particulier, qu'on doit rapporter le méchanisme des sensations que les substances sapides excitent sur l'organe du goût; méchanisme tout-à-fait digne de l'attention du Physicien, & dont nous allons donner une légere idée.

Son organe. Cet organe se trouve répandu dans toute la capacité de la bouche; il étend même son district jusque dans l'œsophage & dans l'estomac, qui concourent, à leur maniere, à nous faire distinguer les qualités des substances sapides: mais c'est sur-tout sur la langue,

langue, & dans toute l'étendue du palais, que cet organe ſe fait ſpécialement remarquer. Il ſuffit même au Phyſicien de le conſidérer dans la premiere de ces deux parties, pour qu'il puiſſe rendre aiſément raiſon du méchaniſme & de la variété de nos ſenſations.

La langue eſt une partie charnue, placée dans l'intérieur de la bouche, où elle eſt deſtinée à pluſieurs fonctions, dont nous aurons occaſion de parler par la ſuite. Nous conſidérerons ſeulement ici que les fibres qui la compoſent, ſont accompagnées des ramifications de la neuvieme paire de nerfs, & que ces nerfs ſont les ſeules parties du corps propres à nous faire éprouver les ſenſations qui nous viennent des objets extérieurs (note 8). La langue. Note 8.

Ces ramifications, dépouillées de leur premiere enveloppe, ſe terminent à la ſurface de cette maſſe charnue, où elles s'épanouiſſent, & où elles forment de petits mamelons plus gros, plus poreux & plus ouverts que ceux qu'on remarque dans toute l'habitude de la peau, où ils ſont deſtinés à la ſenſation du toucher. Ces mamelons, abreuvés dans la bouche d'une lymphe copieuſe,

ſont recouverts de la peau, & enchâſſés dans des gaînes très-inégales & très-poreuſes.

Méchaniſme des ſenſations.

On conçoit aiſément, d'après cette conformation, que les matieres ſalines ſont arrêtées, délayées & fondues par la lymphe qu'elles y rencontrent, & portées enſuite par cette lymphe, qui leur ſert de véhicule, juſques ſur les mamelons, autrement dits les *papilles nerveuſes.*

Les divers mouvemens, dont la langue eſt ſuſceptible, contribuent encore à cette fonction. Ils excitent la ſecrétion de la lymphe; ils ouvrent les pores qui conduiſent aux papilles nerveuſes, & ils déterminent les parties ſalines à s'y inſinuer. Parvenues en cet endroit, elles font, ſur ces papilles qu'elles rencontrent, des impreſſions relatives à leurs figures & au tranchant de leurs pointes; d'où naiſſent des ſenſations plus ou moins agréables, plus ou moins déſagréables, & quelquefois même inſupportables.

On conçoit, en effet, que certaines parties ſalines étant entieres, iſolées & non mitigées par quelque combinaiſon, elles irritent plus ou moins violemment les papilles nerveuſes qui ſe trouvent expoſées à leur action: qu'elles ne produiſent, au contraire, qu'une

irritation légere, ſouvent même une eſpece particuliere de chatouillement, lorſque leurs pointes ſont émouſſées, ou enveloppées par des parties huileuſes, ſulfureuſes, &c. ce dont on peut ſe convaincre aiſément par l'expérience ſuivante.

Expérience. Effet de l'acide nitreux, combiné avec l'eſprit-de-vin.

Mêlez enſemble deux parties d'eſprit-de-vin, & une partie d'acide nitreux. Malgré l'extrême cauſticité de cet acide, qu'on ne peut mettre impunément ſur le doigt, ſans que la peau en ſoit attaquée avec douleur, la langue, plus délicate encore, ſupportera aiſément les impreſſions de ce mêlange, & n'éprouvera alors qu'une irritation légere, qui laiſſera dans la bouche un goût aromatique.

Cet effet dépend de l'altération que l'acide éprouve dans le mêlange. Ses pointes ſe trouvent alors embarraſſées, & comme émouſſées par les parties de l'eſprit-de-vin. Elles ne peuvent donc développer toute l'intenſité de leur action contre les parties nerveuſes. On donne, en Chymie, à ces ſortes de préparations faites pour adoucir l'activité d'un acide, le nom d'*édulcoration.* Ainſi le mêlange dont on fait uſage dans cette ex-

périence, s'appelle eſprit de nitre édulcoré. C'eſt une eſpece *d'éther nitreux.*

Variétés des ſenſations.

(38) Quoique les corps ſalins ſoient en aſſez petit nombre, & ſoient les ſeuls qui aient la propriété d'affecter l'organe du goût, il eſt très-facile néanmoins de multiplier étonnamment le nombre de nos ſenſations en ce genre, par la multitude de combinaiſons que nous pouvons faire ſubir à ces corps avec d'autres ſubſtances étrangeres.

Occaſionnées par le mêlange des ſubſtances ſapides.

C'eſt ainſi que les ſubſtances les plus inſipides acquierent néanmoins cette faculté active qui leur manque, & deviennent propres à agir ſur l'organe du goût. C'eſt ainſi que pluſieurs ſubſtances d'un goût déſagréable par elles-mêmes, peuvent devenir propres à flatter notre palais par le mêlange de certaines parties ſalines appropriées; & c'eſt ce qu'on appelle *aſſaiſonnement.*

Cet aſſaiſonnement, fait pour multiplier la variété des mets agréables, ne ſert ſouvent qu'à tromper la Nature, & à la dérouter par l'abus qu'on en fait. L'organe perd inſenſiblement de ſa ſenſibilité, par les aſſaiſonnemens trop relevés, & nous nous dégoûtons à la longue des mets plus ſimples que la

Nature nous offre, & qu'elle avoit appropriés à notre tempérament & au climat qui nous vit naître. De-là ces révolutions inteſtines dans la maſſe de nos liqueurs, ce changement manifeſte dans la conſtitution des ſolides, & nombre de maladies fâcheuſes, qui ſont communément la ſuite de notre ſenſualité, & ſouvent de notre intempérance.

Occaſionnées par la diſpoſition de l'organe.

Si les différens mêlanges, les combinaiſons multipliées que nous pouvons faire éprouver aux ſubſtances ſapides, varient à proportion, les ſenſations que ces dernieres nous procurent, cette variété dépend encore de la diſpoſition particuliere de l'organe. Plus ou moins de ſenſibilité dans les fibres nerveuſes, ſuivant qu'elles ſont plus à découvert, les impreſſions des ſubſtances ſapides acquierent différens degrés d'activité, & excitent des ſenſations variées. Le caractere particulier de la lymphe, qui ſert de véhicule aux parties ſalines, & qui ſe combine avec elles, influe encore prodigieuſement ſur l'effet qu'elles produiſent. C'eſt ſur-tout à cette derniere cauſe qu'il faut rapporter la diverſité des ſenſations que la même ſubſtance fait éprouver à différens organes. C'eſt pour cette raiſon que les malades trouvent aſſez ſouvent les

mets qu'on leur préſente d'une inſipidité extrême. Les humeurs viciées dont leurs organes abondent, émouſſent les pointes des ſubſtances ſapides. Il arrive encore la même choſe aux convaleſcens, lorſqu'ils n'ont point été ſuffiſamment purgés, & lorſque leurs humeurs n'ont point le degré de perfection qu'elles doivent avoir, pour remplir leurs fonctions. Mais nous abandonnons cette théorie à ceux qui ſont chargés par état de remédier à ces inconvéniens.

ARTICLE SECOND.

De l'impénétrabilité.

(39) L'étendue dans les corps, ſe trouve naturellement jointe à une autre propriété, qui nous en paroît également inſéparable, comme nous l'avons déja obſervé (32). Cette ſeconde propriété eſt une réſiſtance plus ou moins ſenſible, qui ſe découvre par le tact, & qui ſe décele d'autant plus fortement, que les corps ſont plus compactes; c'eſt-à-dire, que leurs parties ſont plus ſerrées les unes contre les autres, & qu'elles ſont en plus grand nombre, ſous un volume donné.

Cette propriété réunie à l'étendue, fait que le sujet auquel elles appartiennent, occupant un espace, il en exclut nécessairement tout autre corps qui voudroit s'en emparer. Or, il n'est aucun corps qui ne nous fasse observer le même phénomene, qu'on connoît en Physique sous le nom *d'impénétrabilité*, & que la plupart des Physiciens rangent parmi les propriétés générales de la matiere.

(40) Comme il n'est pas possible de soumettre tous les corps à l'expérience, & de constater séparément cette propriété dans chacun d'eux, c'est ici qu'il convient d'avoir recours à l'analogie : mais pour donner en même-temps à ce genre de preuve toute la force qu'elle peut avoir en cette occasion, nous choisirons pour sujet de nos expériences, celui de tous les corps qui paroît le moins impénétrable. Son impénétrabilité une fois reconnue, nous en conclurons, à plus forte raison, celle de tous les autres corps. Nous prendrons donc pour exemple l'air ; c'est de tous les fluides que nous connoissons, celui qui paroît le moins impénétrable, si on en juge par la facilité avec laquelle il cede à sa division, & par le peu de résistance qu'il

oppoſe aux corps qui ſe répandent & qui flottent habituellement dans ſon ſein. Or, l'obſervation & l'expérience confirment, de la maniere la moins équivoque, l'impénétrabilité de ce fluide.

Impénétrabilité de l'air.

(41) Pour peu que nous réfléchiſſions, en effet, ſur les phénomenes qui ſe préſentent habituellement à nos recherches, nous trouverons une multitude de preuves qui conſtatent cette vérité. Nous obſerverons, par exemple, qu'on ne peut introduire une liqueur dans une bouteille, lorſque l'entonnoir dont on ſe ſert remplit exactement ſon goulot. Elle ne peut effectivement s'y introduire, qu'à proportion que l'air s'en échappe, & lui abandonne la place quil occupoit. On peut vérifier ce fait avec l'appareil que nous avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. IV, fig.* 2.) Auſſi l'uſage, indépendamment de toute connoiſſance phyſique, apprend à celui qui eſt dans l'habitude de tirer du vin en bouteilles, qu'il viendra plutôt à bout de ſon opération, s'il ſouleve l'entonnoir, pour laiſſer plus de place à l'air qui s'échappe, tandis que la bouteille ſe remplit. On trouve encore une preuve de cette même vérité, lorſqu'après avoir retiré le piſton

d'une ſeringue juſqu'au haut, on bouche l'orifice de cet inſtrument, & qu'on fait effort enſuite pour faire deſcendre ce piſton. En ſuppoſant qu'il ſoit très-exact, & qu'il rempliſſe parfaitement la capacité de la ſeringue, on éprouve une réſiſtance inſurmontable, lorſqu'il eſt parvenu à une certaine profondeur, & cette réſiſtance, dûe à l'impénétrabilité de l'air, eſt à raiſon de la compreſſion qu'on fait ſubir à cet air, & dans laquelle on le retient par la poſition du piſton.

Les ouvrages des Phyſiciens ſont remplis d'expériences de ce genre, & qui prouvent toutes également l'impénétrabilité de l'air. Le Pere *Regnault* (1) nous apprend que ſi on place un charbon ardent ſous une cloche de verre, & qu'on faſſe deſcendre enſuite cette cloche perpendiculairement dans l'eau, le charbon ne s'éteindra point, parce que l'eau ne pourra s'élever ſous la cloche, à raiſon de l'impénétrabilité de la maſſe d'air qui y ſera compriſe. On peut répéter aiſément cette expérience d'une maniere plus intéreſſante.

Attachez une bougie allumée ſur une tranche

Expérience. Bougie allumée, plongée au fond d'une maſſe d'eau.

(1) Regnault, Entretiens de Phyſique.

de liege ; & de façon que le tout ſoit ſpécifiquement moins peſant que l'eau. (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. IV, fig. 1.*) Poſez ce liege ſur la ſurface d'une maſſe d'eau, renfermée dans un vaſe ſuffiſamment ample & profond : couvrez-le d'un récipient un peu long & fermé par le haut : faites deſcendre ce récipient juſqu'au fond du premier vaiſſeau, & vous verrez la bougie conſtamment allumée parvenir juſqu'au fond de l'eau.

Comme ſpécifiquement moins peſans, le liege & la bougie ſurnagent la maſſe d'eau ſur laquelle ils ſont placés. Par conſéquent, dès qu'on les voit deſcendre à proportion qu'on plonge le récipient, c'eſt une preuve inconteſtable que la colonne d'eau qui les ſoutient & qui répond à l'orifice de ce vaiſſeau, ſe précipite elle-même, & reflue dans les colonnes collatérales.

Cette colonne fait néanmoins effort pour s'élever ſous ce vaiſſeau, & pour s'y porter à une hauteur égale à celle des colonnes circonvoiſines, comme nous le démontrerons dans l'hydroſtatique. Elle ne ſe précipite donc, & elle ne s'abaiſſe ici, que parce qu'elle éprouve une réſiſtance inſurmontable

à la force avec laquelle elle tend à s'élever. Or, cette réſiſtance ne peut venir que de la part de la colonne d'air qui demeure renfermée ſous le vaiſſeau, laquelle étant impénétrable, s'oppoſe à ce que l'eau s'empare de la place qu'elle occupe.

On peut confirmer cette vérité, en répétant la même expérience, mais en faiſant alors uſage d'un récipient percé d'un petit trou vers le haut. L'air ayant la liberté de s'échapper par cette ouverture, cede à l'effort de la colonne d'eau qui tend à s'élever, & qui s'éleve ſous le récipient, à meſure qu'on le plonge. Si l'ouverture du vaiſſeau eſt faite avec art, ſi elle eſt ſuffiſamment petite, l'air, ne s'échappant qu'avec peine, produit, à ſa ſortie, un ſifflement qui ſe fait ſuffiſamment entendre pour confirmer la vérité que nous nous propoſons d'établir.

(42) Il faut cependant obſerver ici, que, quoique l'air ſoit impénétrable, il eſt néanmoins compreſſible, comme nous le démontrerons particuliérement ailleurs. Il cede donc, juſqu'à un certain point, à l'effort que la colonne d'eau exerce contre lui. Il lui abandonne une portion plus ou moins grande de l'eſpace qu'il occupe, & l'eau s'éleve

Obſervation ſur cette expérience.

toujours d'une quantité plus ou moins notable ſous le récipient. Elle s'y éleve d'autant plus haut, que ſon immerſion eſt plus profonde; parce que l'effort de la colonne d'eau qui répond à ſon ouverture, étant proportionné, comme nous le démontrerons dans l'hydroſtatique, à la hauteur des colonnes collatérales qui agiſſent contre elle, cette derniere doit faire d'autant plus d'effort, que le vaiſſeau eſt plus profondément plongé.

On conçoit de-là, que ſi on portoit ce vaiſſeau à une très-grande profondeur ſous l'eau, l'action de la colonne correſpondante à ſon orifice, devenant proportionnellement plus grande, l'air céderoit davantage à cette action, & ſe réduiroit à un volume beaucoup plus petit. On verroit donc l'eau s'élever ſenſiblement ſous le récipient; ce qu'on ne peut obſerver dans l'expérience dont il eſt ici queſtion, par rapport au peu de profondeur de l'immerſion.

(43) Ce fut pour cette raiſon qu'on abandonna, vers la fin du dernier ſiecle, la cloche du Plongeur, dont l'invention, véritablement ingénieuſe, mérite d'être connue.

La cloche du Plongeur.

Lorſqu'après un naufrage, ou dans quelqu'autres circonſtances, on vouloit retirer

du fond de la mer, les débris d'un vaiſſeau, ou les ſubſtances précieuſes qu'elle récele, & qui tentent continuellement la cupidité de l'homme, on conduiſoit à l'endroit où l'on ſe propoſoit de fouiller, deux barques fortement liées enſemble, & ſuffiſamment écartées l'une de l'autre, pour livrer paſſage à une groſſe cloche de métal, ſuſpendue dans une eſpece de charpente, appuyée ſur ces deux barques. La cloche étoit encore leſtée avec des boulets de canon, afin qu'elle pût vaincre, par ſon poids, la réſiſtance de l'eau. Un homme ſe plaçoit ſous cette cloche, à l'aide d'une petite planche, ou d'un bâton qui y étoit ſuſpendu en travers. On deſcendoit cet appareil en mer: l'homme, en deſcendant, dévidoit un peloton de ficelle, attachée par un bout à une clochette mobile au haut de la charpente, & deſtinée à avertir du moment où la groſſe cloche ſeroit ſuffiſamment deſcendue. Au bruit de cette clochette, on arrêtoit la chûte de la cloche, & on fixoit l'appareil. L'homme quittoit ſon poſte, & alloit, ſur le ſable, faire les perquiſitions dont il étoit chargé. Il revenoit de temps à autres reſpirer de nouvel air ſous la cloche, & il y rapportoit, dans un vaiſſeau

qui y étoit ſuſpendu, le fruit de ſes perquiſitions. Son opération achevée, ou trop fatigué pour la continuer davantage, il rentroit ſous la cloche, il tiroit le cordon de la clochette, & on remontoit l'appareil.

On fit, pendant quelque temps, uſage de cette machine. On apprend même à ce ſujet, dans le Journal des Savans (1), qu'une perſonne avoit vu ramaſſer des millions de piaſtres, à l'aide d'une ſemblable machine; mais on en reconnut bientôt tous les inconvéniens, & quantité de célebres Phyſiciens firent d'inutiles efforts pour la ſouſtraire à ces inconvéniens.

Défauts de cette machine.

(44) On conçoit aiſément que cet appareil n'eſt pas deſtiné à faire des recherches dans des endroits qui ſeroient peu profonds. L'habileté de nos Plongeurs, qui deſcendent juſqu'à plus de ſoixante braſſes en mer, & qui y reſtent ſuffiſamment de temps pour les opérations qu'ils ont à faire, nous exempte, ſans doute, d'une dépenſe qui deviendroit fort inutile. On s'en paſſe fort aiſément dans la preſqu'Iſle d'en-deçà du Gange, pour la pêche des perles, malgré l'intérêt qu'on

(1) Journ. des Sav. ann. 1678.

auroit à ménager le temps (1). Cette pratique ne peut donc être utile que dans les circonſtances où les Plongeurs n'oſeroient s'expoſer à des profondeurs trop conſidérables. Or, dans ce dernier cas, voici le danger qu'on encoure.

A proportion qu'on deſcend la cloche en mer, les colonnes d'eau qui l'embraſſent deviennent plus longues ; elles preſſent donc proportionnellement davantage celle qui répond à l'ouverture de cette cloche. Cette derniere fait en conſéquence plus d'effort pour s'élever ſous la capacité de ce vaiſſeau, & elle s'y éleve effectivement davantage. Mais à meſure qu'elle s'y éleve, elle comprime la maſſe d'air qui s'y trouve renfermée, & elle la réduit à un plus petit volume. Or, cet air peut devenir comprimé au point d'être dangereux à celui qui le reſpire ; & il peut cauſer plus d'un dommage à l'économie animale.

Lorſque cette cloche, par exemple, eſt deſcendue à trois cents pieds ſous l'eau, l'air qui y eſt compris eſt alors neuf fois plus denſe que dans ſon état naturel. Il preſſe

(1) Voyage d'Afrique.

donc neuf fois davantage la poitrine de celui qui ſe trouve renfermé dans cette atmoſphere; & pour peu que la cloche deſcende promptement, la preſſion de l'air denſe, ſe faiſant ſentir bruſquement, l'air intérieur, celui qui eſt compris dans la poitrine du Plongeur, n'a pas le temps de ſe mettre en équilibre avec l'air du dehors; ſa reſpiration devient plus gênée, & ſouvent il ſurvient au Plongeur une hémorrhagie qui lui fait rejetter le ſang par la bouche, par les yeux, par les oreilles, &c. comme on l'a obſervé plus d'une fois aux dépens de ceux qui ſe ſont ſacrifiés à cette opération.

Quelque précaution même qu'on apporte pour faire deſcendre cette cloche, le Plongeur ſe trouve toujours incommodé; & ce ne fut qu'après nombre d'eſſais & de travaux infructueux, dont nous ne ferons point mention ici, qu'on ſe détermina à abandonner cette machine. Ceux qui ſeront curieux de la connoître plus particulierement, pourront conſulter l'ouvrage de M. *Strum* (1).

Cette digreſſion, qui méritoit de trouver ici ſa place, nous fournit encore une preuve

(1) Strum, Colleg. curioſum.

de

de l'impénétrabilité de l'air, & cette propriété fut le principe qui donna naiſſance à la cloche du Plongeur. On conçoit en effet, que ſi la maſſe d'air, renfermée ſous cette cloche, cede une portion de l'eſpace qu'elle occupe, à l'eau qui fait effort pour s'y élever, & qui s'y éleve effectivement, cet air ſe retranche vers la voûte de la cloche où il ſe condenſe, & où il demeure impénétré. Cette propriété de l'air ſe trouve donc plus que ſuffiſamment confirmée par tous les faits que nous avons rapportés. Nous pouvons donc en conclure, à plus forte raiſon, qu'elle convient à tous les corps, & qu'on peut la regarder, avec la plupart des Phyſiciens, comme une des propriétés générales de la matiere.

Pénétrations apparentes

(45) L'habitude cependant qu'on a contractée de regarder certains corps comme pénétrables, & de ranger dans cette claſſe tous ceux qui donnent accès à d'autres corps qui les imbibent, mérite que nous nous arrêtions un inſtant ſur ces ſortes de pénétrations. Une éponge, par exemple, que l'on plonge dans l'eau, en abſorbe une certaine quantité; mais peut-on dire pour cela, qu'elle en ſoit véritablement pénétrée? Eſt-ce

effectivement de l'eſpace, que les parties ſolides de cette éponge occupent, dont l'eau ſe met en poſſeſſion ? Ne ſont-ce pas préciſément des eſpaces vuides de la matiere propre de ce corps, que cette liqueur s'empare ? Il ne ſe fait donc ici qu'une pénétration apparente ; & ce que nous obſervons auſſi ſenſiblement dans une éponge, par rapport à la multiplicité & aux grandes dimenſions des vuides qui s'y rencontrent, doit nous faire juger de ce qui ſe paſſe dans les autres corps, dont la texture eſt plus ferrée, & dont les vuides ſont moins ſenſibles.

Ce ſont ces eſpaces qui donnent lieu à tout ce que nous regardons, dans l'uſage ordinaire de la vie, comme autant de pénétrations ; & nous aurons occaſion de le faire obſerver plus d'une fois. Il ne ſe fait donc réellement aucune pénétration véritable, & nous pouvons aſſurer que tous les corps ſont impénétrables.

ARTICLE TROISIEME.

De la poroſité.

(46) Les pénétrations apparentes dont nous venons de faire mention, prouvent manifeſtement que la ſolidité des corps ne répond point à leurs volumes : qu'il ſe trouve entre leurs parties de petits eſpaces vuides de la matiere propre de ces corps. Ce ſont ces eſpaces qu'on connoît en Phyſique ſous le nom de *pores ;* & comme on ne remarque aucun corps qui ne ſoit poreux, on range encore la poroſité parmi les propriétés générales de la matiere. Mais avant de traiter cette queſtion, & de conſtater l'univerſalité des pores, nous croyons devoir mettre en avant quelques définitions néceſſaires pour l'intelligence de pluſieurs termes, dont nous ferons un fréquent uſage par la ſuite.

Ce qu'on entend par volume dans un corps.

(47) Le *volume d'un corps* ſe meſure par l'eſpace qu'il occupe, ou par l'étendue de ſes ſurfaces ; étendue qui comprend, non-ſeulement celle des parties ſolides qui le conſtituent, mais encore celle des eſpaces vuides qui ſe trouvent entre ces parties.

Sa denſité. (48) La *denſité* ou la *ſolidité d'un corps* eſt toujours égale à la ſomme des parties qu'il renferme ſous un volume donné. Un corps eſt donc d'autant plus denſe, qu'il comprend un plus grand nombre de parties ſous le même volume. C'eſt ainſi que l'or, par exemple, eſt plus denſe que l'argent, parce que le premier de ces deux métaux contient plus de parties que le ſecond, ſous le même volume. Cet excès de denſité peut venir, ou de ce que les pores ſont moins multipliés, ou de ce qu'ils ſont ſéparément plus petits, quoiqu'également nombreux.

Sa denſité reſpective. (49) La denſité d'un corps comparée à celle d'un autre corps, ſe nomme *denſité reſpective*. On connoît cette derniere par le poids de ce corps, pris ſous le même volume. On conçoit effectivement que le poids d'un corps n'eſt autre choſe que la ſomme de ſes parties peſantes, c'eſt-à-dire, la ſomme additionnelle du poids de chacune de ſes parties. Sa denſité ſera donc d'autant plus grande, qu'il peſera davantage ſous le même volume.

Ce qu'on entend par rareté. (50) Lorſque les pores ſont très-nombreux & très-étendus dans un corps, on l'appelle *rare*. On donne ce nom à tous les corps qui

pesent très-peu, sous un grand volume. La rareté dans un corps est susceptible de différens degrés d'augmentation & de diminution. Elle augmente, lorsque, par quelque cause que ce soit, les parties de ce corps s'écartent davantage les unes des autres. Elle diminue, par la raison contraire, lorsque ces parties se rapprochent, & que le volume du corps devient plus petit. On peut dire la même chose de la densité : elle augmente, ou elle diminue, suivant que les parties deviennent plus ou moins serrées dans un corps, & que son volume devient plus petit ou plus grand.

Universalité des pores.

(51) Il n'est aucun corps dans la Nature qui soit parfaitement solide. Tous, sans exception, sont composés de parties solides plus ou moins intimement unies, & qui laissent toutes entre elles de petits espaces vuides plus ou moins multipliés, plus ou moins serrés. Les parties intégrantes elles-mêmes, ne sont susceptibles d'être décomposées, que parce qu'elles ne sont point absolument solides, & qu'il se trouve des vuides entre les élémens qui les constituent. Si ces élémens ont résisté jusqu'à présent à leur décomposition, ce n'est pas une raison de croire qu'ils soient inaltérables, & qu'ils

jouissent d'une solidité parfaite. Nous les excepterons cependant ici, & nous ne considérerons la porosité que dans les substances composées.

L'analogie est encore la seule preuve dont nous puissions faire usage en cette occasion. Il n'est pas possible de porter ses vues sur tous les corps en particulier, de les soumettre tous à l'expérience, pour juger de leur porosité. Nous nous contenterons donc d'examiner différens corps, pris indistinctement dans les trois regnes de la Nature, & de constater leur porosité, pour en déduire celle de tous les corps. Cette maniere de procéder, quoique moins rigoureuse, est néanmoins suffisante dans la circonstance présente, & personne ne pourra se refuser aux inductions que nous en tirerons.

(52) Parmi la multitude de substances que nous pourrions choisir dans le regne animal, nous nous bornerons aux trois suivantes.

Expérience. Porosité des substances animales.

Présentez les doigts à une ouverture faite au volet d'une chambre bien obscurcie, dans le moment où le soleil frappe cette ouverture: ils paroîtront alors transparens comme de la corne, parce que les rayons du soleil

pénétreront les pores qu'ils rencontreront à la surface des doigts, malgré la densité qu'on peut leur supposer.

Expérience. Porosité de la peau.

Prenez un morceau de peau animale quelconque ; formez-en une espece de nouet, dans lequel vous renfermerez une once ou deux de mercure (note 9). Liez ce nouet avec une ficelle, & pressez-le au-dessus d'un grand bassin de cristal. (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *pl. IV, fig.* 3). Le mercure se tamisera à travers les pores de la peau, & tombera dans le bassin, sous la forme d'une pluie d'argent.

Note 9.

On jugera assez facilement de la multitude & de l'extrême ténuité de ces pores, si on fait attention à la quantité de petits globules mercuriels qui se font jour en même-temps à travers le peu d'étendue de la peau, qui leur livre passage, & à la grosseur de ces globules, dans les endroits du bassin où ils se trouveront isolés.

Cette expérience réussissant également avec toute autre espece de peau, prouve manifestement que toute peau animale quelconque est remplie d'un nombre prodigieux de petites ouvertures, ou de petits pores.

(53) C'est par ces ouvertures que s'échappe

De la transpiration insensible.

continuellement la matiere de la *tranſpiration inſenſible*, qu'on appelle encore *cutanée*, pour la diſtinguer de la tranſpiration du poumon. Cette évacuation eſt une décharge particuliere & continuelle de la ſéroſité ſurabondante du ſang, dont on peut conſtater l'exiſtence par différens moyens. Le célebre *Winſlow* imagina pour cela de faire approcher d'un plan bien blanchi, & expoſé à la lumiere du ſoleil, la tête récemment raſée d'un homme, & il vit diſtinctement, ſur le plan, l'ombre d'une eſpece de vapeur qui s'élevoit de la tête de cet homme. On peut encore s'aſſurer, d'une maniere plus ſimple, de l'exiſtence de cette évacuation. Il ne s'agit que de conſidérer ce qui arrive habituellement, lorſqu'on touche avec les doigts la ſurface d'une glace, ou d'un morceau de métal bien poli. On les voit auſſi-tôt ternes & comme couverts d'une vapeur condenſée.

Elle ſe manifeſte aſſez communément par une odeur plus ou moins forte, qui s'exhale habituellement du corps de certaines perſonnes. Cette odeur devient encore plus ſenſible, après des exercices un peu violens; ce qui provient ordinairement d'un vice dans

la maſſe des liqueurs. Quelquefois cependant cet effet dépend d'un vice local, comme l'obſerve très-bien *Schmidius* (1), au ſujet d'un jeune homme fort robuſte, & Sellier de profeſſion. Ses mains répandoient une odeur de ſoufre, ſi forte & ſi pénétrante, qu'il infectoit en peu de temps l'endroit où il ſe trouvoit. Les pores de ces parties étoient vraiſemblablement obſtrués, & la matiere de la tranſpiration, trop long-temps retenue dans ſes couloirs, s'y échauffoit & s'y altéroit au point de contracter l'odeur qu'elle portoit au-dehors.

Cette matiere porte encore ſouvent avec elle différens caracteres qui dépendent de la qualité des humeurs. M. *Borel*, Médecin de Caſtres, nous apprend qu'une fille ictérique, c'eſt-à-dire attaquée des pâles couleurs, imprimoit une couleur de citron à ſes habits, & à l'argent même qu'elle portoit dans ſa poche.

Un homme de Plimouth prenoit, tous les matins, un peu d'eſprit de vitriol, dans ſa boiſſon ordinaire. Les clefs qu'il portoit dans ſa poche ſe rouillerent à la longue, & ce-

(1) Schmidius, Anal. obſerv.

pendant il ne touchoit jamais à cette liqueur, & il n'en tenoit point sur lui dans un flacon (1).

Sa quantité. Cette évacuation cutanée, jointe à la transpiration pulmonaire, surpasse de beaucoup la somme de toutes les évacuations qui se font par les autres voies. C'est une observation que nous devons aux soins & aux expériences de *Sanctorius*, célebre Médecin de Padoue (2). Il eut la constance de se tenir pendant trente ans dans le bassin d'une balance. Il pesoit exactement tous les alimens solides & liquides dont il se nourrissoit. Il observoit la même chose par rapport à ses évacuations sensibles, & il trouva que sur soixante onces d'alimens qu'il prenoit en un jour, il en passoit depuis trente-six jusqu'à cinquante par la transpiration.

Ses variations. On conçoit facilement que cette évacuation doit souffrir du plus ou du moins : qu'elle peut être plus ou moins abondante dans le même sujet, suivant les exercices auxquels il se livre, selon la température de l'air qu'il respire, & eu égard au climat dans lequel

(1) Journal d'Angleterre.

(2) Sanctorius, de Medici. static.

il vit. Elle doit encore varier ſuivant l'âge, le tempérament & le ſexe. Elle doit être plus abondante pendant l'été que pendant l'hiver. Elle doit être très-copieuſe dans les pays chauds, beaucoup moins dans ceux qui ſont tempérés, & encore moins dans les pays froids, & ſur-tout dans les zones glaciales; ce qui s'accorde très-bien avec les obſervations de *Sanctorius* faites en Italie, & celles qui furent enſuite répétées en France par le célebre *Dodart* (1), en Angleterre par le D. *Keill* (2). Quelque différence néanmoins qu'on remarque dans les réſultats de ces ſortes d'obſervations, cette évacuation eſt toujours très-abondante, relativement aux autres. Le corps perd habituellement, par cette voie, une quantité étonnante de ſubſtance, qu'il ne peut réparer convenablement que par une doſe proportionnée d'alimens, & appropriée à ſon tempérament.

On ne doit donc pas être ſurpris du dépériſſement & de la défaillance de ceux qui ſont long-temps ſans manger, ou qui ſe nourriſſent d'alimens peu propres à réparer

(1) Noguez, t. 2. Med. Gall. pag. 224.

(2) Medic. ſtatic. Britan. aphor. XXXVIII.

les pertes que la transpiration continuelle leur fait éprouver. Si les léthargiques, & certains animaux, tels que les marmottes, les loirs, &c. vivent plusieurs mois sans prendre de nourriture, & sans éprouver un dépérissement marqué, le Physicien conçoit parfaitement que ce phénomene ne contrarie en rien le précédent. Il dépend de l'état particulier dans lequel les léthargiques & les animaux dont nous venons de faire mention, se trouvent alors. Le sommeil auquel ils sont livrés pendant cet espace de temps, est une espece d'engourdissement général, qui ralentit extrêmement dans les premiers, & qui détruit presque dans les autres la transpiration insensible (1). Il n'y a, pour ainsi dire, qu'un pas de cet état à celui de la mort, dont il ne differe que par un reste de mouvement obscur qu'on a peine à distinguer dans les léthargiques, & qui ne se manifeste nullement dans les animaux dont il est ici question. La roideur de leurs membres, le froid qu'on remarque dans toute l'habitude de leurs corps, marquent assez la suspension, ou mieux l'extrême rallentissement de la cir-

(1) Nollet, Leçons de Phys. expérim.

culation, & conſéquemment le déchet de leur tranſpiration.

Cette évacuation eſt ſi indiſpenſablement néceſſaire, dans l'état ordinaire de la vie, qu'elle ne peut être ſenſiblement diminuée, ſans qu'on ſoit expoſé à quelqu'accident fâcheux. C'eſt à cette cauſe qu'on doit rapporter ces rhumes dangereux, ces fluxions incommodes, ces eſpeces de catharres, &c. auxquels nous ſommes expoſés, lorſque nous paſſons imprudemment, pendant l'hiver, d'un endroit très-chaud, dans un autre expoſé à toute la rigueur de la ſaiſon. Il paroît même, d'après les obſervations de M. *de Reaumur* (1), que cette évacuation ne peut être totalement ſupprimée, ſans un danger éminent de la vie. Sa néceſſité.

Si on vouloit ſe former une idée aſſez approchante de l'abondance de cette évacuation, par un moyen beaucoup plus prompt que celui dont *Sanctorius* fit uſage, en voici un aſſez ſimple & aſſez curieux, tiré des obſervations microſcopiques de *Lewenhoek* (2). Il ne s'agit que de conſidérer & d'évaluer, Nouvelle preuve de ſon abondance.

(1) Reaumur, Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences.

(2) Lewenhoek, arc. nat. t. 3, pag. 403.

autant qu'il eſt poſſible de le faire, la multitude de petites ouvertures qui ſont répandues ſur l'habitude de la peau, & qui livrent continuellement paſſage à la matiere de la tranſpiration inſenſible.

L'ingénieux Naturaliſte que nous venons de citer, conſidérant, à l'aide d'un excellent microſcope, un morceau de peau humaine, de la longueur d'une ligne, découvrit & fit voir très-diſtinctement cent vingt petites ouvertures rangées dans cet eſpace. En réduiſant ce nombre à cent, pour la commodité du calcul, & en rappellant la meſure Angloiſe dont il ſe ſervit, à la nôtre, il doit donc s'en trouver mille ſur la longueur d'un pouce, & conſéquemment douze mille ſur celle d'un pied. En multipliant maintenant ce nombre par lui-même, le produit cent quarante-quatre millions exprimera la quantité de pores répandus ſur un morceau de peau humaine, d'un pied quarré de ſurface. Or, on évalue communément à quatorze pieds quarrés l'étendue de toute la peau, dans un homme de moyenne taille. Il doit donc y avoir quatorze fois cent quarante-quatre millions de pores ſur toute l'étendue d'une peau humaine, ou deux billions & ſeize millions.

Ce ſont autant de petites ouvertures par leſquelles la matiere de l'inſenſible tranſpiration s'échappe continuellement. On ne doit donc pas être ſurpris de l'abondance extrême de cette évacuation. Elle ſera encore ſuffiſamment abondante, ſi on ſupprime, comme inutile à cette fonction, une partie de ces pores. Il eſt effectivement naturel de croire qu'il en eſt une certaine quantité deſtinée à une fonction contraire : à porter du dehors au-dedans, & dans les routes de la circulation, les parties des médicamens qu'on applique avec ſuccès ſur l'habitude du corps, tels que les topiques en général, les frictions, les bains, &c. Ce ſont ces dernieres ouvertures que les Anatomiſtes ont décrites ſous le nom de *pores inhalans*, pour les diſtinguer des précédens, qu'ils appellent *exhalans*.

Quelque dure, quelque compacte que ſoit la peau d'un animal, elle n'en eſt pas moins propre à laiſſer échapper la matiere de la tranſpiration inſenſible. Nous remarquons, en effet, que les cuirs les plus durs ſont ſuffiſamment poreux, pour livrer paſſage à des émanations ſubtiles. *Scaliger* (1) nous

(1) Scaliger, exercitat. 186.

apprend que le venin de certaines araignées qui se trouvent dans l'Aquitaine, se fait jour à travers les souliers les plus épais : ce qui prouve suffisamment qu'il n'est aucune peau animale qui ne soit poreuse.

(54) Nous ajoûterons encore ici une nouvelle preuve de la porosité des substances animales, & nous la déduirons de l'expérience suivante.

Expérience. Porosité de la coquille d'un œuf. Mettez un œuf un peu vieux dans un vaisseau de cryſtal, que vous remplirez d'eau : établissez le tout sous le récipient de la machine pneumatique, (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *pl. IV, fig.* 4.) & faites-le vuide. A chaque coup de piston que vous donnerez, vous observerez une multitude prodigieuse de petites bulles d'air, qui s'échapperont de l'intérieur de l'œuf. Elles sortiront par les pores répandus sur sa surface, & elles s'élanceront sous le récipient, à travers la masse d'eau, & toujours sous la forme de petites globules.

Dans les endroits où ces pores sont plus ouverts, les bulles se succéderont si rapidement les unes aux autres, qu'elles formeront comme autant de jets continus.

Quelle preuve plus convaincante peut-on apporter

apporter de la porosité de cette substance, qui livre si manifestement passage à la matiere qui s'échappe du dedans au dehors ? C'est par ces pores que la partie laiteuse de l'œuf se dissipe continuellement ; & c'est par ces mêmes ouvertures que l'air extérieur pénetre dans la capacité de l'œuf, pour remplacer la matiere qui s'en exhale : permutation qui se fait au détriment de l'œuf, & qui concourt à hâter sa putréfaction.

Moyen de conserver les œufs frais.

Un moyen assez simple de parer à cet inconvénient, & de conserver long-temps les œufs frais, c'est de boucher leurs pores avec une espece de vernis, lorsque ces œufs sont encore frais. M. *de Reaumur* (1) ne se servoit, pour cet usage, que d'une gomme légere, telle que la gomme arabique, qu'il faisoit fondre dans de l'eau-de-vie. Il plongeoit ensuite dans cette espece de vernis, les œufs qu'il avoit dessein de conserver, & ils demeuroient après cela, pendant plusieurs années, dans le même état où il les avoit saisis.

(55) Si les expériences que nous venons

(1) Reaumur, Art de faire éclorre & d'élever en toute saison, des animaux domestiques.

de rapporter, constatent suffisamment la porosité des substances animales, on en trouve également plusieurs qui établissent celle des substances végétales.

Expérience qui prouve la porosité des substances végétales.

Lorsqu'on renferme dans une bouteille remplie d'eau, différens corps tirés du regne végétal, & qu'on les soumet ensuite à l'épreuve du vuide, on voit une multitude plus ou moins grande de bulles d'air qui s'élancent de ces corps, & qui se portent, à travers la masse d'eau, sous le récipient. On peut se procurer un appareil assez commode pour faire ces sortes d'expériences, & tel que nous l'avons indiqué (*Descr. & us. d'un Cab. de Phys. expér. t.* 1, *pl. IV, fig.* 5.)

Nous ne connoissons guere de substances végétales plus compactes que les coquilles d'une noix. Elles n'en sont pas moins poreuses pour cela. On s'assure facilement de leur porosité, en bouchant avec de la cire molle le tour de la noix, dans l'endroit où les deux coquilles se joignent, & sont unies entre elles, & en attachant ensuite cette noix, avec la même cire molle, au fond d'un vaisseau cylindrique de cristal, qu'on remplit d'eau. Le tout étant établi sous le récipient de la machine pneumatique, si on

fait agir la pompe, on voit une multitude prodigieuse de petites bulles d'air qui s'élancent du dedans au dehors, & qui recouvrent toute la surface des coquilles. Si on reporte, après cela, de nouvel air sous le récipient, & qu'on laisse les choses dans cet état, pendant quelques momens, les filets d'eau qui répondent aux pores des coquilles, cédant à la pression de l'air extérieur, se portent du côté où ils éprouvent moins de résistance. Ils pénetrent dans l'intérieur de la noix, & ils remplacent l'air qu'on vient d'évacuer; ce dont on peut s'assurer, en ouvrant cette noix au-dessus d'un vaisseau qui puisse recevoir l'eau qu'elle contient.

Expérience de l'encre de sympathie, pour confirmer la même vérité.

(56) L'encre de sympathie est encore une expérience dont on peut également faire usage pour constater la porosité des substances végétales.

Ecrivez sur un papier avec une dissolution de sel de Saturne (note 10): l'eau qui sert de véhicule à ce sel, s'évaporera & laissera les parties salines à sec, sur la surface du papier, sur laquelle il ne sera pas possible de découvrir l'empreinte des caracteres qu'on y aura tracés. Placez ce papier entre les premiers feuillets d'un livre: mouillez ensuite

Note 10.

la dernière page avec une éponge imbibée d'une diſſolution de chaux-vive & d'orpiment (note 11) : fermez le livre, & tenez-le en preſſe pendant quelques momens ; les caracteres tracés avec la premiere diſſolution, deviendront très-ſenſibles. Ils paroîtront ſous une couleur brune plus ou moins foncée, & qui approchera d'autant plus du noir, que la ſeconde diſſolution ſera plus active, & que le livre demeurera plus long-temps en preſſe.

Note 11.

La combinaiſon de la chaux-vive avec l'orpiment, produit une liqueur extrêmement volatile. Les parties qui s'en évaporent, ſe font aiſément jour à travers l'épaiſſeur du livre, à l'aide de la multitude de pores répandus ſur la ſurface de chaque feuillet. Ces parties rencontrant les molécules du ſel de Saturne étendues ſur le papier interpoſé entre les premiers feuillets, ſe combinent avec elles. Or, ce mêlange ne peut avoir lieu, qu'il n'en réſulte la couleur que nous venons d'indiquer ; ce dont on peut ſe convaincre facilement, en mêlant immédiatement enſemble quelques gouttes de ces liqueurs. L'écriture, ou les traits qu'on aura tracés avec la diſſolution de ſel de Saturne,

doivent donc devenir plus ou moins ſenſibles, ſuivant la qualité & la quantité du mêlange qui s'opere par l'évaporation de l'autre liqueur. C'eſt même pour que ce mêlange ſe faſſe plus efficacement, qu'il faut avoir ſoin de mettre le livre en preſſe ; les parties qui s'évaporent, ne ſe diſſipent point, avant d'avoir pénétré l'épaiſſeur du livre, ou leur diſſipation devient beaucoup moins abondante, avant qu'elles aient produit l'effet qu'on en attend.

Les expériences que nous venons d'indiquer, pour conſtater la poroſité des ſubſtances végétales, ſont plus que ſuffiſantes. On ne peut guere former de doute ſur cette propriété conſidérée dans ces ſortes de ſubſtances. Leur texture, aſſez lâche pour l'ordinaire, & compoſée de fibres ligneuſes, adoſſées viſiblement les unes contre les autres, découvre à l'œil le moins fait pour obſerver, une multitude prodigieuſe de petits eſpaces vuides de la matiere propre du végétal. Mais l'examen de ces pores, de leur grandeur, de leurs figures, de leurs diſpoſitions particulieres & variées, offre au Phyſicien une multitude de recherches dignes de ſa curioſité. On prépare particulierement

en Angleterre de petites tranches de différens bois, coupées perpendiculairement à l'axe des branches dont on les tire : ces tranches renfermées entre deux morceaux de talc, & artiſtement enchâſſées dans des lames d'ivoire, forment des collections curieuſes, bien faites pour nous faciliter les moyens de connoître la texture des ſubſtances végétales, ſur-tout lorſqu'on les examine avec le microſcope ſolaire, dont nous parlerons à l'article de la lumiere. Ceux qui ſeront curieux de ſe former une idée de la multitude d'obſervations qu'on peut faire en ce genre, & de la maniere de les faire avec l'exactitude qu'elles requierent, pourront conſulter les ouvrages précieux de *Malpighi* (1), de *Lewenhoek* (2), de *Adams* (3). Ils y trouveront de quoi ſatisfaire leur curioſité, & ſur la ſtructure des végétaux, & ſur la maniere de les diſſéquer & de les bien obſerver.

De la poroſité des ſubſtances minérales.

(57) Quelque compactes que paroiſſent les ſubſtances minérales, elles ne ſont point dépourvues de pores ; & la Phyſique, ainſi

(1) Malpighi, anat. des plant.
(2) Lewenhoek, Epiſt. 29, contin. Epiſt. 74, 88.
(3) Adams, micogr. illuſtrata.

que la Chymie, nous fourniſſent pluſieurs moyens de les connoître, & de nous aſſurer de leur exiſtence. Parmi la multitude d'obſervations plus curieuſes les unes que les autres, que nous pourrions apporter en preuve de cette vérité, nous nous arrêterons particulierement à celles qui concernent les ſubſtances métalliques.

On ſait qu'une pierre de Boulogne, nouvellement calcinée (note 12), & renfermée dans une boëte de quelque métal que ce ſoit, de laiton, d'argent, &c. produit des exhalaiſons qui s'échappent à travers l'épaiſſeur de la boëte, & que ces exhalaiſons impriment au laiton une couleur d'argent, & à l'argent une couleur d'or (1). Note 12.

On ſait pareillement qu'un ſel tiré d'un mêlange de chaux-vive, de vinaigre diſtillé, de ſalpêtre, de ſel marin, de ſoufre, mis dans un creuſet de fer, & expoſé enſuite à un feu de réverbere, ſe fond & pénetre auſſi facilement l'épaiſſeur du creuſet, que l'eau traverſe le papier gris, & que ce ſel ne laiſſe aucune trace de ſon paſſage (2).

(1) Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. ann. 1709.
(2) Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. ann. 1713.

M. *Homberg* (1) fit une expérience à-peu-près semblable. Il prépara de l'antimoine, de maniere qu'il pût se fondre à un feu très-doux, & qu'il pût acquérir la consistance d'une cire fondue. Ayant mis de cette préparation sur une lame d'argent, il la fit chauffer : l'antimoine pénétra l'argent, avec la même facilité que le sel précédent pénétra le creuset dans lequel on le fondit, & la lame ne fut nullement endommagée. On la trouva seulement un peu noircie.

On pourroit encore citer ici l'expérience que firent autrefois les Membres de l'Académie *del Cimento*, pour s'assurer de l'incompressibilité de l'eau, & qui prouve parfaitement la porosité de l'or, qu'ils employerent dans cette expérience. Mais nous aurons occasion d'en parler plus particulierement lorsque nous traiterons de l'eau. D'ailleurs, nous avons d'autres preuves plus curieuses encore de la porosité des métaux.

(58) Tous les métaux, en général, sont dissolubles dans les menstrues qui leur sont propres ; & c'est à la faveur de leurs pores, qu'ils livrent plus ou moins facilement accès

(1) Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. ann. 1713.

à ces menſtrues, autrement dits à ces diſſolvans. On leur donne le nom de *menſtrues*, parce que les Chymiſtes prétendoient anciennement qu'un diſſolvant devoit être appliqué au corps qu'il avoit à diſſoudre, & qu'il devoit être mis en action contre ce corps, par un feu modéré, ſoutenu pendant l'eſpace d'un mois philoſophique, ou de quarante jours. L'argent, le fer, le cuivre, &c. ſe diſſolvent très-bien dans l'acide nitreux: l'or & la platine ne ſe diſſolvent que dans l'eau régale, dont nous parlerons plus bas.

Expérience. Diſſolution métallique.

Plongez un morceau de fer, par exemple, ou un morceau de cuivre, dans un verre, dans lequel vous aurez mis de l'acide nitreux. Il s'excitera d'abord un mouvement inteſtin dans la maſſe du diſſolvant. On remarquera vers la ſurface de ce liquide une ébullition ſenſible. Il s'élevera une quantité aſſez abondante de vapeurs rouges & épaiſſes, qui exhaleront une odeur fort active. Le diſſolvant prendra, avec le fer, une couleur de rouille, & une couleur verte avec le cuivre, l'une & l'autre aſſez foncée; & la maſſe métallique qu'on aura employée à cette opération, en ſera ſenſiblement cor-

rodée & attaquée. Ces ſubſtances ſont donc poreuſes, puiſqu'elles livrent accès au menſtrue qu'on emploie dans cette expérience.

Obſervations ſur les diſſolutions métalliques.

(59) La diſſolution des métaux dans les menſtrues acides, offre aux yeux du Phyſicien attentif, pluſieurs phénomenes très-curieux, & à la conſidération deſquels nous nous arrêterons un inſtant.

Premier phénomene. Méchaniſme d'une diſſolution.

Comment ſe fait-il, 1°. qu'un métal plus denſe & plus peſant que le diſſolvant dans lequel on l'expoſe, ſoit entamé par ce menſtrue, ſéparé enſuite en parties extrêmement petites : que ces parties ſoient portées & répandues dans la maſſe du diſſolvant : qu'elles y nagent, ſans troubler ſa tranſparence ; & pourquoi ce diſſolvant, ayant diſſous une certaine quantité de ce métal, ceſſe-t-il d'agir contre lui, de le diviſer davantage ; ou plus ſimplement, comment cette diſſolution arrive-t-elle au point de ſaturation ?

Ce phénomene que nous obſervons ici par rapport aux métaux, fait partie d'une opération plus générale & plus étendue. C'eſt l'effet d'une cauſe qui agit uniformément & de la même maniere ſur toutes les ſubſtances propres à être attaquées par toutes ſortes de diſſolvans. La diſſolution des ſels dans les

menstrues aqueux, bien plus généralement connue, & plus facile à saisir en même-temps, nous servira à développer plus commodément ce phénomene; & ce que nous dirons de cette derniere espece de dissolution, nous fera connoître plus facilement le méchanisme que nous nous proposons d'expliquer.

Qu'arrive-t-il donc à une masse saline qu'on expose à l'action d'un menstrue aqueux, ou que l'on met fondre dans l'eau? Spécifiquement plus pesante, la masse saline se précipite au fond du vaisseau. Insensiblement l'action du liquide se déploie contre cette masse. Elle se divise en plusieurs molécules: celles-ci s'élevent, se répandent & flottent dans l'eau: l'air se dégage d'entre les molécules du corps dissous & du dissolvant; & ce dernier effet a lieu jusqu'à ce que l'opération soit finie, & que le menstrue soit arrivé au point de saturation.

La raison du premier phénomene se présente naturellement à l'esprit. La masse saline, spécifiquement plus pesante que l'eau, puisqu'elle jouit d'une pesanteur spécifique moyenne entre celles de l'eau & de la terre, qui sont ses principes constituans, se précipite au fond du vaisseau.

lever & à ſe charger de ces molécules, juſqu'à ce que toutes les couches d'eau, & conſéquemment toute la maſſe de ce liquide en ſoit pleinement ſaturée. Alors chaque couche d'eau exerçant ſa force attractive contre les molécules ſalines qui s'y trouvent diſſeminées, la couche contiguë à la maſſe ſaline, qui ſubſiſte au fond du vaiſſeau, ceſſe d'agir contre cette derniere, & la vertu diſſolvante de l'eau paroît épuiſée. C'eſt par un ſemblable méchaniſme que s'opere toute diſſolution quelconque : c'eſt toujours à raiſon de l'affinité entre le diſſolvant & le corps diſſous ; & conſéquemment il ne s'agit que de connoître les principes qui conſtituent ces corps, pour rendre facilement raiſon de leur opération réciproque.

Second phénomene. Pour quelle raiſon tous les menſtrues n'agiſſent-ils pas également ſur tous les corps ?

(60) Il ſe préſente encore ici un phénomene particulier, dont l'explication a occupé pendant long-temps les recherches des plus habiles Chymiſtes. Comment ſe fait-il, par exemple, que l'acide nitreux qui diſſout plus ou moins facilement preſque tous les métaux, ne puiſſe diſſoudre ni l'or, ni la platine, & que l'eau régale, qui n'eſt qu'une combinaiſon d'acide nitreux & d'acide marin, ou d'acide nitreux & de ſel marin, ou

de sel ammoniac, & qui dissout très-bien ces deux derniers métaux, n'agisse point sur les autres?

Parmi les différentes opinions des Chymistes à cet égard, celle de M. *Lemery* parut, pendant long-temps, la plus probable (1). Il prétend avoir observé que les pores de l'or sont beaucoup plus ouverts, beaucoup plus grands que ceux de l'argent, mais beaucoup moins nombreux en même-temps; ce qui fait plus que compenser cet excès de grandeur, & ce qui conserve à l'or un excès de pesanteur spécifique, ou de densité respective (49) sur l'argent. Or, d'après cette observation, M. *Lemery* conçoit que les parties de l'acide nitreux, quoique grossies par l'addition du sel marin, ou du sel ammoniac, peuvent encore pénétrer les pores de l'or, & sont assez roides, assez solides pour agir contre les parties intégrantes de ce métal, les séparer les unes des autres, en un mot, le dissoudre. Mais elles sont trop grossières alors, continue-t-il, pour pénétrer les pores de l'argent, & conséquemment elles ne peuvent le dissoudre.

Opinion de M. Lemery.

(1) Lemery, Cours de Chymie.

Les parties de l'eſprit de nitre, ſeules & iſolées, beaucoup plus fines que les précédentes, appropriées aux pores de ce dernier métal, le pénetrent facilement; & ſuffiſamment roides, pour attaquer ſa texture, elles le diſſolvent aiſément. Ces mêmes parties pénetrent, à la vérité, & à plus forte raiſon, les pores de l'or; mais leurs pointes ſont trop foibles & trop délicates, pour ſéparer les parties conſtituantes de ce métal, parce que celles-ci réſiſtent bien davantage à leur ſéparation.

Cette explication, purement méchanique, en impoſa, pendant long-temps, à ceux qui n'étoient pas ſuffiſamment inſtruits des principes de la ſaine Chymie, & on la reçut aveuglément ſur l'autorité de M. *Lemery*. Il n'étoit guere poſſible de la juſtifier par expérience. Il eût fallu, pour cela, pouvoir comparer exactement les pores de l'or à ceux de l'argent. Or, comme on ne pouvoit le faire, qu'en étendant ces corps ſous le marteau, pour les réduire en lames aſſez fines & aſſez tranſparentes, on eût toujours été en doute, ſi l'excès de dimenſions qu'on eût trouvé dans les pores de l'or, ne fût point venu de ſon excès de ductilité, qui le

rend

rend plus propre que l'argent à s'étendre sous le marteau.

Ajoutez encore à cela, que quand il seroit vrai de dire que les pores de l'or seroient plus grands que ceux de l'argent, l'opinion de M. *Lemery* n'en seroit point encore mieux fondée. Il est quantité de phénomenes en Chymie, auxquels il ne seroit pas possible d'appliquer le même raisonnement, quoiqu'ils dépendent, sans contredit, de la même cause. Pour n'en donner qu'un seul exemple, nous observerons qu'un alkali calciné avec du sang de bœuf, desséché & réduit ensuite en phlegme, devient très-propre à dissoudre une précipitation d'or, qui auroit été dissous par l'eau-régale. Ce même dissolvant dissoudroit encore très-bien une précipitation d'argent, précédemment dissous dans de l'acide nitreux. Il dissoudroit encore du mercure, du bismuth, du zinc; mais il ne pourroit dissoudre ni du plomb, ni de l'étain; ce qui ne s'accorde aucunement avec l'opinion de M. *Lemery*, & ce qui s'explique, on ne peut mieux, dans la suivante que nous allons exposer en peu de mots.

La véritable raison du phénomene dont il Explication de ce phéno-

mene, déduite des affinités chymiques.

est ici question, tient à la classe des affinités. En supposant telles figures, telles dimensions qu'on voudra dans les pores des métaux, pourra-t-on concevoir, si l'attraction ne s'en mêle, comment un fluide en repos, & qui ne reçoit de mouvement d'aucune cause étrangere & extérieure, s'insinue avec assez de violence dans les pores de ces métaux, pour briser la texture intime des uns, sans altérer celle des autres ? Mais en examinant avec attention la constitution de l'or & de l'argent, en réfléchissant pareillement sur celles de l'acide nitreux & de l'eau-régale, voici comment on peut rendre raison de ce phénomene.

Quoique l'argent soit un métal parfait, ses principes sont moins bien combinés que ceux de l'or, & il a une tendance singuliere à s'emparer du phlogistique surabondant dans les autres corps. On peut s'en convaincre par la facilité avec laquelle il noircit. Or, l'acide nitreux contient une quantité surabondante de phlogistique. De-là cette affinité marquée entre l'argent & l'acide nitreux, qui tendent à se combiner, par le *latus* du phlogistique, & qui se combinent en se dissolvant réciproquement. Il n'en est pas de

même de l'or : ſes principes ſont bien mieux combinés : il n'a point conſéquemment la même affinité pour ſe charger du phlogiſtique ſurabondant de l'acide nitreux. De-là le défaut d'action réciproque entre ces deux ſubſtances, & la non-diſſolution de l'or dans cet acide. Mais l'acide marin, ou le ſel ammoniac, enlevant à l'acide nitreux ſon principe ſurabondant, compoſe avec lui un acide particulier, dont les principes ſont bien mieux combinés, & forment un tout plus analogue à l'or avec lequel il a la plus grande affinité. De-là cette tendance qu'on leur remarque pour ſe combiner enſemble ; & la diſſolution qui ſuit, n'eſt qu'un effet de cette combinaiſon. Ce même acide, cette eau-régale appliquée ſur l'argent, n'y produit point d'effet, parce que l'acide nitreux, dont elle eſt compoſée, eſt dépouillé de la ſurabondance de ſon phlogiſtique, ſeul intermede par lequel il peut attaquer l'argent. D'où il ſuit, en général, que la diſſolution de l'argent par l'acide nitreux, vient d'une affinité particuliere entre le métal & l'acide ; affinité qui ne ſe trouve point entre le même acide & l'or, qu'il ne peut conſéquemment diſſoudre, & que la diſſolution de l'or par l'eau-

régale, vient pareillement d'une affinité réciproque entre ces deux ſubſtances ; affinité qu'on ne remarque point entre l'eau-régale & l'argent, ce qui empêche ce dernier acide d'agir ſur ce métal, & de le diſſoudre.

Troiſieme phénomene. Le même menſtrue agit bien différemment ſur les corps qui peuvent être ſoumis à ſon action.

(61) On remarque encore, lorſqu'on abandonne différens métaux au même diſſolvant qui leur convient à tous, on remarque, dis-je, que ce menſtrue ne les diſſout pas tous également bien. L'acide nitreux, par exemple, qui eſt le véritable diſſolvant du fer & du cuivre, diſſout plus aiſément, quoique moins complétement, le premier que le ſecond de ces deux métaux; ce qui vient de la plus grande facilité que l'acide nitreux trouve à s'emparer du phlogiſtique du fer. Il ne le diſſout pas complétement, parce qu'à proportion que le fer ſe dépouille de ſon phlogiſtique, il perd de plus en plus ſon affinité avec l'acide nitreux. Ce n'eſt plus à la fin qu'une terre métallique inattaquable à cet acide, & elle ſe précipite au fond du vaiſſeau; mais ce qu'il y a de plus ſingulier encore dans ce phénomene, c'eſt que l'acide nitreux ne paroît ſe ſaturer que très-incomplétement de ce métal.

On remarque, en effet, que dès qu'il en

a diſſous une certaine quantité, & qu'il en paroît ſaturé au point d'en laiſſer précipiter une partie, ſous la forme d'une eſpece d'ochre, ou de ſafran de Mars, il en diſſout encore facilement une nouvelle doſe qu'on lui préſente. Ce phénomene dépend du peu d'union que l'acide nitreux contracte avec le fer qu'il diſſout, & de ſon extrême avidité pour ſon principe inflammable, ou le phlogiſtique : chargé d'une doſe de fer en partie déphlogiſtiquée par ſa diſſolution, il a plus d'affinité avec un fer qui contient encore tout ſon phlogiſtique. Il abandonne donc le premier, pour s'unir au ſecond, & pour ſe combiner avec lui.

On peut encore ajouter à la raiſon que nous venons de donner, de l'excès d'activité de l'acide nitreux ſur le fer, que ce métal eſt plus poreux que le cuivre, puiſqu'à volume égal, il peſe moins, & conſéquemment qu'il peut être attaqué par un plus grand nombre de points à la fois. Quelques-uns même ajoutent que le cuivre contient des parties graſſes qui le dérobent, juſqu'à un certain point, à l'action du diſſolvant. Cette derniere raiſon peut entrer pour quelque choſe dans le phénomene dont il eſt ici queſtion ;

car on ne peut révoquer en doute l'existence de ces parties grasses dans le cuivre. Elles se décelent manifestement par une graisse sensible qui s'attache aux extrémités des doigts de ceux qui manient beaucoup de cuivre; & on sait d'ailleurs que l'acide nitreux n'a aucune prise sur ces sortes de substances. C'est même un moyen dont on a su faire une application très-industrieuse pour la gravure à l'eau-forte (note 13).

Note 13.

Moyens de séparer un corps dissous de son dissolvant.

(62) Les Chymistes emploient communément deux moyens différens, pour séparer d'un dissolvant le corps étranger qu'il tient en dissolution. Ces moyens sont l'*évaporation* & la *précipitation*. On ne peut employer le premier, que lorsque le corps qu'on regarde comme dissous, n'est point aussi volatil que celui qui le tient en dissolution. Sans cette condition, le même degré de chaleur volatiliseroit les deux substances, & on ne parviendroit point à les séparer. Le second, au contraire, peut toujours avoir lieu, lorsqu'on peut assigner une troisieme substance, dont l'affinité avec le dissolvant, soit plus grande que celle du corps déja dissous avec le même dissolvant; mais nous parlerons plus particulierement de ce phénomene, &

on en saisira plus facilement la raison, lorsque nous traiterons des affinités chymiques.

(63) Si nous étendons nos recherches sur d'autres substances minérales d'une espece différente de celles dont nous avons fait mention jusqu'à présent, nous trouverons que les pierres les plus compactes, par exemple, sont remplies de pores. Les rubis, les diamans, & toutes les pierres transparentes en général, ne livrent passage à la matiere de la lumiere, qu'à la faveur de la multitude prodigieuse de pores dont elles sont remplies. Celles qui sont opaques, n'en sont pas moins poreuses pour cela. On sait avec quelle adresse l'ingénieux M. *Dufay* sut profiter de la porosité du marbre, pour dessiner dessus des fleurs & d'autres ornemens, dont les couleurs, pénétrant profondément l'épaisseur de la pierre, résistoient au poli qu'on lui donnoit ensuite (note 14). (1) Ne parvient-on pas assez communément à former différentes ramifications sur des morceaux d'agathe, & ces ramifications faites avec art, n'imitent-elles pas parfaitement les dendrides naturelles? Ce qu'on ne peut exécuter qu'à

Porosité des pierres.

Note 14.

(1) Dufay, Mém. de l'Acad. Roy. des Sc. ann. 1728.

l'aide des pores dont l'agathe est remplie; quoiqu'elle soit extrêmement dure & compacte.

S'il paroît inutile, pour étendre davantage les preuves que nous nous sommes proposées de donner de la porosité des substances minérales, de citer ici les substances artistement vitrifiées, telles que les glaces, les cristaux, les verres de toute espece, puisque toutes ces substances sont incomparablement moins compactes que le diamant, dont on reconnoît la porosité, nous croyons néanmoins ne devoir pas passer sous silence un phénomene singulier qui fut observé au commencement de ce siecle. On trouva (1) dans une fouille qu'on fit pour creuser un puits, un anneau de verre hermétiquement scellé dans tout son contour, & exactement rempli d'eau (2). Or, pour peu qu'on soit instruit du procédé qu'on observe pour sceller hermétiquement

Anneau de verre scellé hermétiquement & rempli d'eau.

(1) Nouvelles de la Républ. des Lettres.

(2) Boucher hermétiquement un tube, ou un vaisseau de verre quelconque, c'est faire fondre l'extrémité du vaisseau, & laisser ensuite refroidir la matiere qu'on vient de fondre. Elle se réunit, elle se condense, & elle ferme exactement l'ouverture. On doit cette méthode à *Hermes*. De-là l'expression *boucher hermétiquement*.

un vaiſſeau de verre quelconque, on conçoit auſſi-tôt que cet anneau n'a pu être rempli, après avoir été hermétiquement fermé, & qu'il faut qu'il ſe ſoit rempli inſenſiblement & à la longue, à la faveur de ſes pores.

Bouteille bien bouchée, qui ſe remplit d'eau à la profondeur de 40 braſſes.

Ce phénomene ne pourroit-il pas répandre un peu de jour ſur un autre qui fit beaucoup de bruit quelques années après, & ſur lequel les opinions des Phyſiciens ſe trouverent partagées. On rapporte (1) qu'en revenant des Iſles de l'Amérique, ſur un vaiſſeau Marchand, nommé *la Sageſſe*, au commencement de Juillet 1740, quelqu'un jetta à la mer une bouteille d'un très-gros verre: qu'elle fut portée avec une ſonde à trente braſſes de profondeur, & qu'elle en revint dans le même état où on l'avoit jettée: que, portée une ſeconde fois à la profondeur de quarante braſſes, on la retira pleine, mais que le bouchon avoit été repouſſé en dedans: que cette même bouteille nouvellement bouchée avec un bouchon neuf, aſſujetti avec un fil de fer, de la même maniere qu'on ficelle en Angleterre les bouteilles de bierre ou de cidre, étant reportée à la même pro-

(1) Journal de Trévoux, ann. 1742.

fondeur, on la retira remplie d'eau, jusqu'à quatre doigts au-dessous de son goulot, & qu'on retrouva le bouchon dans le même état où on l'avoit mis avant l'opération.

Doit-on attribuer ce phénomene aux pores du bouchon, ou à ceux de la bouteille, ou aux uns & aux autres ? Pour résoudre exactement cette question, il conviendroit de répéter cette expérience avec des bouteilles dont le goulot seroit hermétiquement fermé. Le phénomene cependant de l'anneau rempli d'eau, dont nous venons de faire mention, semble suffisamment démontrer que les pores du verre sont assez ouverts, pour donner accès à l'eau, lorsqu'elle est portée avec assez d'effort contre la surface de ces sortes de substances. Les verres, les cristaux, & en général les substances vitrifiées, sont d'un usage trop commun en Physique, pour laisser ignorer au Physicien de quelle maniere se produit la vitrification. C'est d'ailleurs une opération chymique très-curieuse & très-digne de son attention. Nous en donnerons une idée suffisante dans la (note 15.)

Note 15.

(64) Après avoir passé en revue nombre de substances tirées des trois regnes de la

Nature, & avoir suffisamment constaté leur porosité, il paroîtroit naturel d'en conclure que tous les corps sont poreux; mais pour ne rien laisser à desirer sur cette question, nous croyons devoir nous arrêter un instant à considérer & à confirmer la porosité des liquides. Comme ils font bande à part, & qu'il a plu à quelques Physiciens de révoquer en doute leur porosité, eu égard à la surface lice & polie qu'ils affectent, une expérience ou deux suffiront pour démontrer qu'ils sont véritablement poreux.

Expérience qui démontre la porosité des liquides.

Ayez une petite phiole de verre, dont le col soit long & étroit; remplissez-la jusqu'aux deux tiers de sa capacité, d'huile de vitriol: versez pardessus, & achevez de la remplir avec de l'eau ordinaire: bouchez exactement la phiole, & agitez-la fortement, afin que les deux liquides puissent se mêler; il en résultera une effervescence: mais lorsque ce dernier phénomene sera passé, vous observerez que le mélange occupera un moindre espace que celui qu'occupoient conjointement les deux liquides avant leur mélange. Vous observerez le même phénomene, si vous mêlez ensemble deux tiers d'eau & un tiers d'esprit-de-vin: le mélange perdra

dit M. *de Reaumur* (1), un vingtieme de ſon volume. De l'eau mêlée avec de l'eſprit de nitre, avec de l'eſprit de ſel marin, ou avec une diſſolution de ſel de tartre, produit encore le même effet. *Hauxbée* (2) prétend qu'il a encore lieu, lorſqu'on mêle du vinaigre avec une leſſive de ſel de ſoude. Il remarque très-bien auſſi que l'air ſe laiſſe pénétrer par tous les fluides qui le pompent, ſi on peut s'exprimer ainſi ; car ceux qui en ſont parfaitement ſaturés, n'augmentent pas ſenſiblement de volume. On ſeroit obligé de tenter ces expériences, comme le remarque très-bien *Muſſenbroek* (3), & d'examiner les réſultats du mêlange de tous les fluides, ſi on vouloit connoître ceux qui ſe pénetrent, & ce qui réſulte de leurs pénétrations. Il en eſt, en effet, pluſieurs qui conſervent leur même volume après leur pénétration ; d'autres qui augmentent, & pluſieurs qui diminuent de volume ; mais nous n'inſiſterons point ſur cet objet, & nous croyons avoir ſuffiſamment démontré que la poroſité eſt

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Sc. ann. 1733.
(2) Phyſ. mech. exper. app. exper. 13.
(3) Cours de Phyſ. expér. t. 1. p. 53.

une des propriétés générales de la matiere.

L'exiſtence & l'univerſalité des pores étant bien conſtatées, il ſe préſente naturellement à l'eſprit une queſtion à réſoudre; ſavoir ſi ces pores innombrables qu'on remarque dans tout être matériel quelconque, ſont vuides, ou s'ils ſont exactement remplis d'une matiere différente de celle à laquelle ils appartiennent. Nous ſatisferons à cette queſtion dans le premier *appendix* que nous allons joindre à cet article. Nous en ajouterons un ſecond, dans lequel nous traiterons des affinités chymiques.

APPENDIX PREMIER.

Du vuide.

(65) Si nous ſommes bien éloignés de croire que les pores, que nous découvrons dans les corps, ſoient parfaitement vuides, nous ſommes également perſuadés qu'ils ne ſont point remplis. Il exiſte dans l'atmoſphere nombre d'émanations, quantité de fluides plus ſubtils, plus déliés les uns que les autres, & ils pénetrent, ſans contredit, avec la plus grande facilité, les pores qui ſe trouvent aſſez ouverts pour leur livrer

paſſage. L'air, le feu & l'eau ſont diſſeminés entre les parties des végétaux : la matiere du feu, par exemple, paſſe librement à travers les corps les plus compactes ; preſque tous donnent un libre accès aux écoulemens électriques, aux émanations magnétiques, &c. Il eſt donc naturel de croire que les pores de tous les corps ne ſont point parfaitement vuides : mais ſont-ils ſi exactement remplis, qu'il ne reſte aucun eſpace vuide dans toute l'étendue de l'univers matériel ? C'eſt ce qui paroît impoſſible à concilier avec les principes de la ſaine philoſophie, & avec la plupart des phénomenes de la Nature.

Opinion de Deſcartes.

(66) En conſéquence de ſon hypothèſe & de l'idée qu'il s'étoit formée de l'eſſence de la matiere, *Deſcartes* admettoit, non-ſeulement un plein parfait, mais il croyoit encore que le vuide étoit abſolument impoſſible (1), l'eſpace jouiſſant, ſuivant lui, des trois dimenſions que nous conſidérons dans l'étendue, il participe, diſoit-il, en cela à l'eſſence de la matiere, & conſéquemment il doit être regardé comme un véritable corps. N'y eût-il donc aucune portion

(1) Deſcartes, princi. part. 2, pag. 86.

de matiere, aucun corps propre à remplir les plus petits eſpaces qu'on puiſſe imaginer, ces eſpaces étant matériels dans le ſens de *Deſcartes*, il ne peut exiſter aucun vuide dans la Nature. Mais raiſonnant plus philoſophiquement, les Carthéſiens prouvent, d'une autre maniere, la néceſſité du plein. La matiere ſubtile, extrêmement mobile de ſa nature, ſuſceptible de recevoir toutes ſortes de formes, ſans en garder aucune, ſe prête à tous leurs beſoins, & vient remplir exactement les plus petits eſpaces qui peuvent & qui doivent être diſſeminés entre les parties élémentaires des mixtes. Tout eſt rempli, & il ne peut exiſter aucun vuide dans l'univers matériel.

(67) Il eſt conſtant, & nous le démontrerons dans l'article ſuivant, que la matiere n'eſt pas actuellement, & ne peut être infiniment diviſée. Les élémens de la matiere ſubtile, ou mieux, les parties de cette matiere, dont nous voulons bien ſuppoſer l'exiſtence, ſont donc à l'abri de toute diviſion imaginable. Or, ces élémens ſont néanmoins ſuſceptibles d'être écartés les uns des autres. Suppoſons donc que les deux plus petites molécules, ou les deux plus petits Réfutation.

élémens de cette matiere, étant contigus l'un à l'autre, viennent à s'écarter de la moitié ou du quart de leur diametre; il faudra néceſſairement, dans cette ſuppoſition, que l'eſpace qu'ils laiſſeront entre eux demeure parfaitement vuide de toute matiere quelconque. Cet eſpace, en effet, ne pourroit être rempli que par un élément dont les dimenſions n'excéderoient point la moitié ou le quart du diametre des précédens; ce qui va directement contre la premiere ſuppoſition, & prouve inconteſtablement la poſſibilité du vuide. Veut-on une ſeconde raiſon également ſolide en faveur de cette poſſibilité? Perſonne ne peut révoquer en doute que l'exiſtence des corps & leur conſervation actuelle dépendent de la volonté du Créateur. Cela poſé, ne peut-on pas ſuppoſer, par exemple, que tous les corps qui font portion de l'univers matériel, ſoient renfermés dans une ſphere A, (plan. 1, fig. 3.) & que le corps C étant anéanti, tous les autres conſervent entre eux le même rapport qu'ils avoient avant l'anéantiſſement du corps C? Suppoſition qui ne répugne en rien. Or, dans cette hypothèſe, l'eſpace B C D, ſera néceſſairement vuide. Voilà donc une

Plan. 1, fig. 3.

une nouvelle preuve encore de la poſſibilité du vuide. Mais ſans nous arrêter à une queſtion purement métaphyſique, établiſſons l'exiſtence actuelle du vuide; & la ſolution de cette derniere queſtion emportera néceſſairement avec elle celle de la précédente.

Exiſtence actuelle du vuide.

(68) Si tous les pores des corps étoient exactement remplis d'une matiere quelconque, il en réſulteroit néceſſairement une dureté parfaite & générale. Les fluides eux-mêmes paſſeroient de cet état à celui de la plus grande ſolidité. On ſait effectivement que la dureté d'un corps eſt en raiſon directe du contact plus ou moins étendu de ſes parties. Tel corps, par exemple, eſt plus dur qu'un autre, parce que les parties qui le compoſent, ſe touchent par un plus grand nombre de points, & ſe prêtent davantage à la force attractive qui les maîtriſe & qui les unit, comme nous l'avons ſuffiſamment démontré (*ſect.* 1, *art.* 2, *parag.* 2). Quelque hétérogenes que ſoient les parties d'un mixte, dès qu'elles ſont intimement unies entre elles, par l'attouchement reſpectif de leurs ſurfaces, il en réſulte un tout dont la ſolidité eſt proportionnelle au contact de ſes parties. Or, dans l'hypothèſe d'un plein par-

fait, tout corps quelconque ſeroit un mixte compoſé de parties hétérogenes intimement unies entre elles, puiſqu'elles ſe toucheroient par tous les points de leurs ſurfaces. Tout mixte ſeroit donc néceſſairement ſolide, & conſéquemment les fluides dépouillés de leur état de fluidité, acquéreroient la plus grande ſolidité.

Dans cette même hypothèſe encore, le mouvement local deviendroit abſolument impoſſible. C'eſt en vain que *Deſcartes* & ſes Sectateurs prétendent qu'un corps mis en mouvement, pouſſe devant lui l'air, ou tout autre fluide qu'il rencontre dans la direction de l'eſpace qu'il tend à parcourir, & que ce fluide, refluant aux côtés du mobile, vient occuper la place que ce dernier abandonne. Ce raiſonnement ſuppoſe manifeſtement ce qui eſt en queſtion, le premier tranſport du mobile. Or, ce tranſport eſt de toute impoſſibilité, dans la ſuppoſition d'un plein parfait.

Concevons, en effet, l'eſpace A B C D, (plan. 1, fig. 4,) repréſentant toute l'étendue de l'univers matériel, & exactement rempli de petits cubes, tels que E. Comment imaginera-t-on qu'aucun d'eux puiſſe ſe

Plan. 1, fig. 4.

mouvoir, quelque viteſſe & quelque direction qu'on veuille lui donner ? Suppoſons, par exemple, qu'on tende à faire mouvoir le cube E vers le point B, dans la direction de la diagonale C B, comment pourroit-il ſe mouvoir ſans écarter latéralement, de droite & de gauche, les cubes voiſins *n*, *p* ? & comment pourroit-il les écarter, puiſqu'ils ne peuvent eux-mêmes avancer, ni du côté de A, ni du côté de B ? Quelque petits qu'on ſuppoſe ces cubes, fuſſent-ils même infiniment petits, la difficulté demeure la même : le premier tranſport du mobile devient impoſſible, dans l'hypothèſe d'un plein parfait.

APPENDIX SECOND.

Des affinités chymiques.

(69) Tous les phénomènes que nous rapportons, en Phyſique, à l'attraction de cohéſion, ſe rangent, en Chymie, dans la claſſe des *affinités*. Il n'eſt point de principe plus étendu en Chymie, & auquel on puiſſe rapporter un plus grand nombre de phénomenes & d'effets. Si la diverſité de ces derniers a déterminé les Chymiſtes à diſtinguer Idée générale des affinités.

différentes eſpeces d'affinités, cette diſtinction, uniquement établie pour caractériſer ces effets, n'influe en rien ſur la cauſe qui les produit : ils dépendent tous d'un ſeul & unique principe, de cette même loi de cohéſion, dont nous avons amplement parlé, (*ſect.* 1, *art.* 2, *parag.* 2,) & qui ſe modifie de différentes manieres, relativement au concours & à la variété des circonſtances. On entend donc, en général, par *affinité*, cette tendance réciproque qu'on remarque entre les parties des ſubſtances homogenes, ou hétérogenes, & qui les porte à ſe réunir. Pour mettre plus d'ordre dans l'expoſition des phénomenes que nous nous propoſons de faire connoître, nous diſtinguerons, en général, deux eſpeces d'affinités; *l'affinité d'aggrégation*, & *l'affinité de compoſition.*

Deux eſpeces d'affinités en général.

Affinité d'aggrégation.

(70) *L'affinité d'aggrégation* caractériſe cette force attractive qui maîtriſe ſi manifeſtement les parties ſimilaires d'une même ſubſtance. C'eſt en vertu de cette eſpece d'affinité, que deux gouttes d'eau, deux gouttes d'huile, deux gouttes de mercure tendent à ſe réunir & ſe réuniſſent, lorſqu'elles ſont à une ſuffiſante proximité l'une de l'autre. C'eſt en vertu de la même affinité,

que les parties d'un métal, ſéparées & comme iſolées les unes des autres, par l'activité du feu qui le pénetre de toutes parts, & qui le fait tomber en fuſion, tendent à ſe réunir & ſe réuniſſent, à proportion que la matiere ignée interpoſée s'échappe & ſe diſſipe. C'eſt de tous les phénomenes appartenans aux affinités, celui qui nous offre une plus forte cohéſion entre les parties réunies.

(71) On entend par *affinité de compoſition*, celle qui ſe décele entre des parties hétérogenes, qui ſe réuniſſent pour former un mixte. Cette derniere eſpece offre au Phyſicien nombre de phénomenes plus curieux les uns que les autres. Affinité de compoſition.

On remarque que tout mixte réſultant de la compoſition de deux principes, ou de deux ſubſtances différentes, participe communément à la nature de l'un & de l'autre de ces principes. C'eſt ainſi, par exemple, qu'un mixte compoſé de deux principes, dont l'un eſt fixe, & l'autre volatil, jouit d'une fixité & d'une volatilité moyenne entre celles qu'on remarque dans ces principes. Cette regle ſouffre cependant quelques exceptions, dont nous aurons occaſion de

parler ailleurs. Veut-on confirmer, par expérience, l'effet que nous venons d'attribuer à une ſemblable combinaiſon ? L'expérience ſuivante eſt on ne peut plus propre à cet effet.

Expérience qui prouve que dans l'affinité de compoſition, le mixte participe aux propriétés de ſes principes.

Faites diſſoudre une once de marbre blanc pulvériſé, dans une quantité ſuffiſante d'acide nitreux : vous obtiendrez alors un mêlange compoſé de deux principes, dont l'un, le marbre blanc, ne porte avec lui, ni odeur, ni ſaveur, tandis que l'autre, l'acide nitreux, répand une odeur très-forte, & produit une ſaveur extrêmement piquante. Examinez le compoſé qui réſulte de ces deux principes ; il ſera modérément ſalé, un peu amer, & légérement piquant : l'odeur en ſera très-affoiblie, & on n'y reconnoîtra que très-imparfaitement les caracteres de l'acide qui entre dans ſa compoſition.

Expérience qui prouve la même vérité.

On peut encore démontrer cette même propriété par l'expérience que voici. Faites fondre dans une cuiller de fer, parties égales de plomb & d'étain : ajoutez-y une quantité ſous-double de mercure, dont l'affinité eſt à-peu-près la même avec l'un & l'autre métal. La maſſe qui réſultera de cette combinaiſon, participera aux propriétés de ces

trois principes. Elle ſera plus blanche, plus argentine, plus aigre & plus caſſante que ne le ſont le plomb & l'étain ſéparément pris, & le mercure aura perdu ſa fluidité, en diminuant la ſolidité des deux métaux.

Si on combinoit au contraire trois métaux, par le moyen de la fuſion, on obſerveroit des phénomenes différens. Les parties du mêlange ſeroient, à la vérité, également difficiles à ſéparer, comme dans le cas précédent ; mais, pour l'ordinaire, le mêlange acquéreroit une dureté ſupérieure à celle de chacun de ſes principes en particulier. Souvent encore, la ductilité augmenteroit dans le mixte ; & c'eſt ce qui arrive manifeſtement dans le cuivre rouge, dont la ductilité augmente, par ſon mêlange avec la pierre calaminaire, qui le convertit en cuivre jaune. On remarque encore que l'or & l'argent deviennent eux-mêmes plus ductils, par une certaine quantité d'alliage qu'on leur communique : mais cette regle ſouffre quelques exceptions, & l'alliage doit être fait ſelon une proportion requiſe, que l'Artiſte doit étudier.

Nous obſerverons cependant, que, quoique la dureté du mêlange augmente par l'alliage, Obſervations ſur les alliages.

le mixte en devient néanmoins plus fusible. Il se fond, en effet, à un degré de chaleur plus petit que celui qu'il faudroit employer pour fondre séparément chacune de ses parties. Les arts ont tiré le plus grand avantage de cette propriété, pour faire des soudures propres à unir toutes sortes de métaux. On conçoit aisément que si les soudures qu'on emploie étoient aussi difficiles à fondre que les parties métalliques qu'elles doivent souder, le degré de chaleur qu'on seroit obligé d'employer pour faire fondre la soudure, fondroit en même-temps la piece qu'on auroit dessein de souder.

Si l'alliage augmente la dureté d'un mêlange, il apporte encore des changemens très-marqués dans sa pesanteur spécifique (49), c'est-à-dire dans le poids absolu du mêlange, considéré sous un volume donné. Ces changemens, qui méritent toute l'attention du Physicien, ne peuvent se déterminer que par l'expérience. Nous indiquerons dans l'hydrostatique, la maniere de connoître la pesanteur spécifique de tous les corps, de quelques especes qu'ils soient.

Affinité d'intermede.

(72) Lorsqu'on combine ensemble trois principes, ou trois substances, parmi les-

quelles il s'en trouve une qui n'a d'affinité qu'avec l'une des deux autres, mais que cette affinité eſt égale à celle que ces deux dernieres ont entre elles, la combinaiſon des trois a lieu ; & c'eſt ce phénomene qu'on connoît en Phyſique ſous le nom *d'affinité d'intermede.* L'expérience ſuivante en fournit un exemple très-ſenſible.

Expérience qui prouve l'affinité d'intermede.

Faites diſſoudre dans de l'eau de l'alkali fixe : ajoutez du ſoufre, & le tout ſe combinant enſemble, formera une troiſieme ſubſtance, qu'on connoît ſous le nom de *foie de ſoufre.*

On ſait que le ſoufre n'a aucune affinité avec l'eau, & qu'il n'eſt pas poſſible d'unir immédiatement enſemble ces deux ſubſtances ; mais on ſait pareillement que le ſoufre ſe combine très-bien avec l'alkali fixe, & qu'il a, avec cet alkali, une affinité égale, ou preſque égale à celle qu'on remarque entre ce même alkali & l'eau. C'eſt donc en vertu de l'affinité qu'on obſerve entre l'alkali & le ſoufre, & conſéquemment par l'intermede de l'alkali, que le ſoufre peut s'unir à l'eau dans cette combinaiſon. On ne peut donc mieux déſigner ce phénomene, que ſous le nom *d'affinité d'intermede.*

Affinité de précipitation.

(73) Deux ſubſtances étant combinées, ſi on leur préſente une troiſieme, qui n'ait que très-peu d'affinité avec l'une des deux premieres, mais dont l'affinité avec l'autre ſoit ſupérieure à celle qui unit les deux premieres, il ſe formera alors une véritable décompoſition, & une nouvelle compoſition. La troiſieme ſe combinera avec celle des deux avec laquelle elle aura une plus forte affinité, & l'union entre les deux premieres ſera détruite en même-temps. C'eſt ce phénomene que les Chymiſtes déſignent ſous le nom de *précipitation*, & qui mérite toute l'attention du Phyſicien. Nous en donnerons d'abord une preuve très-ſenſible dans l'expérience ſuivante.

Expérience qui prouve l'affinité de précipitation par la formation de l'arbre de Diane.

Mettez au fond d'un verre conique, gros comme une lentille d'un amalgame de mercure & d'argent, dont nous avons indiqué la compoſition (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1) : verſez par deſſus deux ou trois onces d'une diſſolution de mercure & d'argent étendue dans de l'eau diſtillée, & laiſſez les choſes dans cet état; bientôt vous verrez de petits filets d'argent ſortir de tous les points de la ſurface du bouton métallique : ces filets groſſiront & grandiront in-

ſenſiblement ; & ſous l'eſpace d'un quart-d'heure, vous aurez un petit buiſſon, ou un petit arbriſſeau d'argent. On l'appelle *arbre de Diane*, parce que les Chymiſtes donnent à l'argent le nom de *Diane*.

Cette opération, qui ne préſente aux yeux du vulgaire, qu'un phénomene propre à flatter ſa curioſité, mérite toute l'attention du Phyſicien.

L'amalgame mis au fond du verre, eſt un compoſé de mercure & d'argent. L'acide nitreux préparé qu'on verſe par-deſſus, a beaucoup plus d'affinité avec le mercure, qu'avec l'argent. C'eſt donc par cet excès d'affinité, qui le porte à s'emparer du mercure, compris dans le petit bouton métallique, & dont il s'empare effectivement, qu'il abandonne l'argent qu'il tient en diſſolution.

La précipitation de ce dernier métal conſerve ſon brillant métallique, parce qu'elle eſt occaſionnée par une ſubſtance métallique, & non par un autre intermede qui le précipiteroit ſous la forme de chaux métallique, ainſi qu'il eſt univerſellement reconnu en Chymie.

L'arrangement ſingulier qu'on remarque entre les parties de cette précipitation, n'eſt

que l'effet de la force attractive qui maîtrise plus particulierement les unes vers les autres, les parties d'une même ſubſtance, qu'elles ne peuvent être maîtriſées par une autre ſubſtance hétérogene. De-là, lorſque les molécules d'argent, répandues dans l'acide nitreux, ſe ſéparent de leur diſſolvant, elles ſe portent, avec plus d'activité, vers l'amalgame qui eſt au fond du vaiſſeau, que vers tout autre endroit du même vaiſſeau; & à proportion qu'elles s'y amaſſent, elles continuent à attirer plus fortement celles qui les ſuivent, & qui continuent à ſe précipiter. De-là elles s'accumulent les unes ſur les autres, & elles forment l'eſpece de buiſſon d'argent qu'on obſerve dans cette expérience.

Concluſion du principe général de l'affinité de précipitation.

(74) Il ſuit du principe général des précipitations, que ſi on donnoit ſucceſſivement à un même diſſolvant des ſubſtances avec leſquelles il auroit une affinité progreſſivement plus marquée, on parviendroit à ſéparer du même diſſolvant, ces ſubſtances les unes après les autres: & c'eſt un moyen dont les Chymiſtes ſe ſont fort avantageuſement ſervis pour dreſſer des tables d'affinités.

Nous avons obſervé (61) que l'acide nitreux a plus d'affinité avec le fer qu'avec le cuivre. Si on jette donc du fer dans une diſſolution de cuivre, quoique ce diſſolvant ſoit ſaturé de ce dernier métal, l'acide s'emparera encore du fer qu'on lui préſentera, & il abandonnera le cuivre. Pour rendre ce phénomene plus ſenſible, voici de quelle maniere il faut procéder.

Expérience. Précipitation du cuivre par l'intermede du fer.

Plongez une tige ou une lame de fer dans une diſſolution de cuivre rouge, faite au point de ſaturation par de l'acide nitreux; vous obſerverez alors un nouveau mouvement d'efferveſcence dans la liqueur. L'acide attaquera le fer, & il en diſſoudra une certaine quantité, moindre cependant que s'il n'eût point été ſaturé de cuivre, & il abandonnera ce dernier métal ſur la ſurface du fer, qui paroîtra alors comme converti en cuivre, dans toute l'étendue de ſa partie plongée.

Même précipitation.

Ce phénomene réuſſit encore mieux & plus promptement, lorſqu'on plonge une lame de fer dans une ſolution de vitriol de cuivre. Ce vitriol n'eſt autre choſe que l'acide vitriolique naturellement combiné avec le cuivre qu'il rencontre dans les en-

trailles de la terre. Il s'exécutera encore plus promptement, ſi vous aiguiſez la diſſolution avec quelques gouttes d'huile de vitriol. Le cuivre qui nage dans cette diſſolution, & à laquelle il donne une couleur aiguë-marine, s'attache fortement & promptement à la ſurface du fer, à proportion que l'acide vitriolique le pénetre & agit contre lui. Dans le moment, la lame devient ſurcuivrée. On trouve pluſieurs fontaines dont les eaux vitrioliques produiſent de ſemblables effets. On en voit une très-fameuſe en ce genre dans le voiſinage de la Ville de Herngrud, dans la Haute-Hongrie.

Si lorſque le cuivre eſt précipité, & que l'acide vitriolique s'eſt emparé du fer, on lui donne une nouvelle ſubſtance avec laquelle il ait encore plus d'affinité, il abandonne également le fer, pour ſe jetter dans cette nouvelle ſubſtance. Pour vérifier ce phénomene d'une maniere plus ſatisfaiſante, & pour mettre en même-temps moins de lenteur dans ces ſortes d'opérations, on peut s'exempter d'attendre qu'une précipitation ſoit complette, & que la liqueur ait acquis toute la tranſparence qu'elle doit avoir, avant de la ſoumettre à une nouvelle épreuve.

Il ne s'agit, pour cela, que de ſubſtituer à la liqueur ſur laquelle on ſe propoſe d'opérer, une autre liqueur analogue & de même eſpece.

Expérience. Précipitation du fer par l'eau de chaux.

Faites diſſoudre dans de l'eau du vitriol de Mars; produit de la combinaiſon naturelle de l'acide vitriolique & du fer, auquel les Chymiſtes donnent le nom de *Mars*, & filtrez la liqueur. Elle ſera claire, tranſparente, & elle contiendra une doſe d'acide vitriolique uni au fer : jettez dans cette diſſolution quelques gouttes d'eau de chaux. L'acide vitriolique ayant plus d'affinité avec la chaux, qu'avec le fer, s'emparera de la chaux, & abandonnera le fer, qui ſe précipitera au fond du vaiſſeau. Si on laiſſoit enſuite repoſer la liqueur, & qu'on attendît que l'opération fût complétement terminée, on verroit ſurnager une liqueur claire & tranſparente, qui contiendroit un ſel vitriolique à baſe terreuſe, formé par l'union de l'acide vitriolique à la terre calcaire, avec laquelle il vient de ſe combiner dans l'opération précédente. Or, ce ſel n'étant qu'une eſpece de gypſe, ou de pierre à plâtre, on peut ſubſtituer à la place de cette liqueur une autre tout-à-fait ſemblable.

Expérience. Précipitation de la terre par l'alkali volatil.

Pour cet effet, on fait diſſoudre dans de l'eau, de l'alun de Rome : c'eſt également un ſel vitriolique à baſe terreuſe. On filtre cette diſſolution, & on obtient une liqueur claire, tranſparente, & tout-à-fait analogue à la précédente : on verſe par-deſſus quelques gouttes d'alkali volatil. L'acide vitriolique ayant plus d'affinité avec cet alkali, qu'avec la terre calcaire à laquelle il eſt uni, abandonne celle-ci, pour s'emparer de l'alkali volatil, & ſe combiner avec lui. Cette terre ſe précipite donc alors, & il s'engendre un véritable *ſel ammoniac*, par l'union de l'alkali volatil avec l'acide vitriolique, & ce ſel ammoniacal ſe trouve alors étendu dans l'eau qui tenoit l'alun en diſſolution.

Expérience. Précipitation de l'alkali volatil par l'alkali fixe.

On prend alors de véritable ſel ammoniac, qu'on réduit en poudre : on verſe par-deſſus de l'alkali fixe en liqueur, de l'huile de tartre, par exemple. L'acide vitriolique ayant encore une plus grande affinité avec l'alkali fixe, qu'avec l'alkali volatil, il s'empare de l'alkali fixe qu'on lui préſente, & il abandonne l'alkali volatil ; ce qu'on reconnoît facilement à l'odeur qui s'exhale au moment de cette décompoſition, & il s'engendre alors un véritable ſel neutre, qui ne peut être décompoſé que par le feu. Veut-

Veut-on procéder à cette décompoſition, & voir de quelle maniere le feu l'opere ; on peut ſubſtituer à cette derniere liqueur le ſel de nitre. C'eſt pareillement un ſel neutre, dont la baſe eſt un alkali fixe, & dont la diſſolution dans l'eau ne peut altérer la couleur du ſyrop de violettes. (Voyez la note 2 de la ſect. 1.) Poſez quelques cryſtaux de ce ſel ſur un charbon allumé, l'acide ſe diſſipera : il ne reſtera plus que l'alkali fixe, dont la ſaveur urineuſe, ſemblable à celle de l'huile de tartre, changera en verd, la couleur du ſyrop de violettes. On peut donc, abſtraction faite de la derniere expérience, en offrant ſucceſſivement au même diſſolvant de nouvelles ſubſtances avec leſquelles il a plus d'affinité, précipiter ces ſubſtances les unes par les autres, & connoître, par ce moyen, leurs rapports d'affinité.

Expérience. Décompoſition du nitre.

Il eſt encore une eſpece d'affinité, qu'on connoît en Chymie, ſous le nom *d'affinité réciproque ;* mais comme celle-ci ſuppoſe des connoiſſances de Chymie, qui ne ſont point à la portée de tous le monde, nous croyons devoir la paſſer ici ſous ſilence, & nous réſerver à la faire ſuffiſamment connoître dans la (note 16).

Note 16.

ARTICLE QUATRIEME.

De la diviſibilité.

(75) Tous les corps ſont poreux : c'eſt une vérité ſuffiſamment établie dans l'article précédent. On peut donc introduire dans leurs pores différentes ſubſtances étrangeres, propres à écarter leurs parties, & à les ſéparer les unes des autres. Ils ſont donc tous diviſibles : c'eſt encore une vérité univerſellement reconnue : mais juſqu'où cette diviſibilité peut-elle être portée ? Reconnoît-elle des bornes, ou va-t-elle à l'infini ? C'eſt une queſtion qui partage depuis long-temps les opinions des plus célebres Phyſiciens.

Etat de la queſtion.

Pour la mettre dans tout ſon jour, nous obſerverons, & nous l'avons déja ſuffiſamment obſervé (31), que les élémens de la matiere ne peuvent être inétendus, comme *Zenon* l'imagina anciennement, & comme *Leibnitz* le prétendit vers la fin du ſiecle dernier, à deſſein de donner une raiſon ſuffiſante de l'étendue. Or, s'ils ſont étendus, eſt-il poſſible de les regarder comme des êtres ſimples & abſolument inſécables ? C'eſt-

là le véritable point de la queſtion. Ils échappent, dira-t-on, à tous les agens que l'art & l'induſtrie ont mis entre les mains de l'homme pour décompoſer les corps. Ils réſiſtent à toute l'activité d'une digeſtion, ou d'une fermentation la mieux ſoutenue. Conſtamment les mêmes, après les efforts les plus violens, ils ſe prêtent à de nouvelles combinaiſons, & ils reproduiſent les mixtes que la décompoſition avoit fait diſparoître.

La vérité de tous ces faits ne va cependant point contre la diviſibilité de ces élémens. Dès qu'ils ſont portion de la matiere; dès qu'ils ſont étendus comme elle, ils doivent être également diviſibles; & s'il n'eſt point donné à l'homme de ſaiſir cette faculté dont ils jouiſſent, & d'effectuer les diviſions dont ils ſont ſuſceptibles, c'eſt moins une preuve contre leur diviſibilité, qu'un témoignage certain de notre incapacité, & des bornes qui circonſcrivent notre foible induſtrie.

Diviſibilité de la matiere à l'infini.

(76) L'effet de la diviſion ſe borne à diminuer de plus en plus l'étendue du ſujet ſur lequel elle s'opere, & non à la détruire, puiſque la plus petite portioncule de matiere eſt encore étendue. Il n'eſt donc aucun être matériel, aucune portioncule de matiere,

quelqu'atténuée qu'on la ſuppoſe, qui ne conſerve encore une certaine étendue. Cette étendue, en tant que bornée & limitée en tout ſens, eſt néceſſairement figurée. Or, toute figure quelconque emporte néceſſairement avec elle l'idée de pluſieurs côtés parfaitement diſtincts les uns des autres, & qu'on peut conſéquemment concevoir comme ſéparables. Il n'eſt donc aucune portioncule de matiere, quelque diviſée qu'on puiſſe l'imaginer, qui ne ſoit encore diviſible. Il n'en eſt aucune dans laquelle on ne conçoive encore deux moitiés très-diſtinctes l'une de l'autre. On conçoit pareillement que ces deux moitiés peuvent elles-mêmes ſe diviſer en deux parties égales, qui ne ſeront chacune que le quart de la premiere molécule; chaque quart en deux autres parties égales, qui n'en ſeront plus chacune que le huitieme, & ainſi de ſuite, juſqu'à l'infini. On démontre particulierement en Géométrie, la vérité de cette aſſertion; & on ne peut s'empêcher de convenir, que s'il n'eſt pas poſſible de diviſer réellement une étendue donnée au-delà d'un certain point, elle n'en eſt pas moins diviſible pour cela, & que cette faculté ne peut être épuiſée dans la matiere. Parmi la multitude

de démonſtrations que nous pourrions raſſembler ici, nous nous bornerons aux ſuivantes.

(77) 1°. On démontre en Géométrie, qu'on peut faire paſſer une infinité de lignes courbes entre la circonférence d'un cercle & ſa tangente. On peut donc concevoir l'eſpace intercepté entre la tangente & le cercle, diviſé en un nombre infini de parties diſtinctes les unes des autres. Premiere démonſtration.

2°. On démontre pareillement que dans *l'hyperbole*, les branches s'approchent toujours de plus en plus des *aſſymptotes*, ſans jamais ſe toucher, quelque prolongées qu'on les ſuppoſe. On peut donc encore diviſer l'eſpace qui les ſépare en un nombre infini de parties. Quelque ſolides que ſoient ces démonſtrations, on ſaiſira encore plus facilement les deux ſuivantes. Seconde démonſtration.

3°. Concevons que les lignes A B & C D, (plan. 1, fig. 5,) étant paralleles, on abaiſſe entre elles la perpendiculaire O P, & que du point A, on mene les obliques A E, A F, A G, A H, &c. Il eſt conſtant, qu'à compter depuis le point E, pris au-delà de la perpendiculaire O P, on peut mener du point A un nombre infini de droites ſur C D, Troiſieme démonſtration. Plan. 1, fig. 5.

prolongée à l'infini, puiſqu'on peut en tirer une ſur chacun des points de cette derniere. Or, toutes ces lignes paſſeront néceſſairement entre le point I & le point O, ſans pouvoir ſe confondre avec la ligne A B, puiſqu'elle eſt parallele à C D. Elles ne ſe confondront point non plus dans l'eſpace O I, puiſque, partant toutes du point A, elles ne peuvent avoir que ce point qui leur ſoit commun. Donc elles diviſeront l'eſpace O I, en un nombre infini de parties toutes différentes les unes des autres.

Quatrieme démonſtration. Plan. 1, fig. 6.

4°. Menez ſur la ligne B F, (plan. 1, fig. 6) les perpendiculaires A D & G H, paralleles entre elles. Des différens points C, C, C, C, &c. pris ſur la longueur de A D, comme d'autant de centres particuliers, décrivez les arcs Ce, Ce, Ce, Ce, &c. tous ces arcs couperont la ligne G H en différens points; puiſqu'ils feront tous portions de cercles de différens rayons, & qu'aucun ne pourra ſe confondre avec la ligne B F, le cercle ne pouvant ſe confondre avec une ligne droite. La ligne G H peut donc ſe diviſer en un nombre infini de parties. On peut donc concevoir la matiere comme diviſible à l'infini.

(78) Toute la difficulté qui ſe préſente à l'eſprit, lorſqu'on réfléchit ſur la diviſibilité a l'infini, ſe réduit à concevoir, 1°. comment une quantité finie peut contenir un nombre infini de parties, diſtinctes les unes des autres, & actuellement exiſtantes: 2°. comment il peut ſe faire qu'une quantité finie, ſoit égale à une quantité infinie: 3°. comment il exiſte des infinis plus grands les uns que les autres. Toutes abſurdes que paroiſſent d'abord ces propoſitions, qui ſont autant de corollaires de la diviſibilité à l'infini, on concevra néanmoins que ce ſont autant de vérités qu'on ne peut révoquer en doute, lorſqu'on les conſidere ſous le rapport ſous lequel il convient de les ſaiſir. Solution de quelques difficultés.

1°. Une quantité finie peut contenir & contient effectivement un nombre infini de parties diſtinctes les unes des autres. Dès qu'on ſuppoſe, en effet, que ces parties vont en décroiſſant, leur ſomme ne peut excéder la quantité finie à laquelle elles appartiennent. C'eſt ainſi qu'on démontre, dans le calcul des progreſſions, que la ſomme faite d'une moitié, d'un quart, d'un huitieme, d'un ſeizieme, & ainſi de ſuite juſqu'à l'infini, ne ſurpaſſe pas, mais eſt égale à l'unité.

2°. Une quantité finie peut être égale à une quantité infinie. Toute abſurde que paroiſſe cette propoſition, elle n'eſt que l'inverſe de la précédente : ſa vérité n'en eſt pas moins conſtante ; & pour la bien ſaiſir, il ne s'agit que de ne pas confondre l'étendue décroiſſante avec l'étendue fixe & déterminée, & on concevra auſſi-tôt qu'une étendue finie & donnée, eſt néceſſairement égale à celle de ſes deux moitiés, de ſes quatre quarts, de ſes huit huitiemes, & ainſi de ſuite à l'infini.

3°. Le Géometre, & tous ceux qui ont une juſte idée de l'infini, ne regardent point comme abſurde, qu'il y ait des infinis plus grands les uns que les autres, lorſqu'il ne s'agit que de l'infini en nombres & non en eſſence. Si ce dernier doit être regardé comme un tout, auquel on ne peut rien ajouter ou retrancher, il n'en eſt pas de même de l'infini en nombres. L'idée de ce dernier n'emporte avec elle qu'un nombre inépuiſable de parties. C'eſt un tout dont le nombre de parties ne peut être exprimé par aucun nombre fini quelconque. Mais on conçoit facilement, qu'en comparant les parties qui peuvent naître de la diviſion d'un tout, à celles qui viendroient d'une ſemblable di-

viſion d'un autre tout, une fois plus petit, par exemple, les premieres ſeront néceſſairement une fois plus grandes, que les parties ſemblables & correſpondantes de la ſeconde diviſion, quoique les unes & les autres ſoient également infinies en nombre. On conçoit donc aiſément qu'il peut y avoir des infinis plus grands les uns que les autres, & que la doctrine de la diviſibilité de la matiere à l'infini, n'emporte avec elle aucune des abſurdités qu'on a voulu lui reprocher en différens temps.

Autre maniere de conſidérer la diviſibilité.

On conçoit donc effectivement que la diviſibilité de la matiere, cette faculté dont elle jouit de ſe prêter à la ſéparation de ſes parties, eſt une propriété inépuiſable, & qui ne reconnoît point de bornes, lorſqu'on ne la conſidere que métaphyſiquement & en elle-même: mais lorſqu'on la conſidere phyſiquement, lorſqu'on la compare & qu'on la meſure aux facultés de l'homme & des agens créés, on conçoit également que cette propriété s'épuiſe & s'anéantit à la longue. Lorſque la diviſion eſt portée juſqu'à un certain point, les parties échappent à la foibleſſe de nos organes, & ſe dérobent à tous les moyens que nous pourrions employer pour en multiplier le nombre.

Elle n'eſt point phyſiquement infinie.

On ſait, en effet, que M. *Homberg*, un des plus ſavans Chymiſtes du dernier ſiecle, tint en digeſtion, pendant l'eſpace de trois ans conſécutifs, des eſprits acides de ſels, & qu'à la ſuite de cette opération, il les retrouva dans le même état où il les avoit pris (1). Les élémens des mixtes, ou mieux, ces êtres que nous ſommes habitués à regarder comme tels, ſont donc inaltérables par rapport à nous, & échappent à toute notre induſtrie. C'eſt peut-être, comme l'obſerve très-bien le célebre *Muſſenbroek* (2), le moyen dont l'Auteur de la Nature s'eſt ſervi, pour veiller à la conſervation des eſpeces. S'il exiſtoit, en effet, dans la Nature, des agens propres à diviſer, à altérer les parties élémentaires des mixtes, il paroît aſſez naturel de croire qu'il en réſulteroit des altérations, des changemens, des déſordres, à l'abri deſquels le monde s'eſt toujours conſervé juſqu'à préſent.

Obſervation ſur l'inaltération des principes des mixtes.

(79) Si nous examinons, avec ſoin, ce qui ſe paſſe habituellement dans l'univers, nous appercevrons aiſément, qu'après la diſſolution

(1) Duhamel, Hiſt. Acad. Reg.

(2) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

des corps, il en renaît de nouveaux de la même matiere & dans le même-temps : que ceux-ci jouiſſent des mêmes propriétés que les premiers dont ils tirent leur origine.

Les plantes viennent de ſemences jettées dans une terre, qui n'eſt elle-même compoſée que de plantes diſſoutes par la digeſtion des animaux. Ces plantes croiſſent & parviennent à la même hauteur qu'elles avoient autrefois : elles ſont de la même groſſeur, & elles paroiſſent dans le même-temps. Or, ſi on ſuppoſe que les petites parties qui nourriſſent & qui font croître les ſemences, ſont devenues dix fois plus petites que dans leur origine, il faudroit donc aujourd'hui dix fois plus de temps qu'autrefois, pour l'accroiſſement de ces mêmes plantes. Elles auroient donc une autre forme, & une conſiſtance différente de celles qu'elles avoient avant ce changement. Il paroît donc manifeſte que, malgré les altérations continuelles auxquelles les corps ſont expoſés, leurs parties élémentaires n'ont rien à craindre pour leur conſtitution naturelle ; ce qui entre parfaitement dans les vues de la ſageſſe éternelle, qui n'a créé que des agens ſuffiſans pour ſubvenir à nos beſoins, mais incapables de troubler

& de déranger l'économie de l'univers matériel.

(80) S'il n'eſt pas poſſible d'étendre la diviſion de la matiere, & de la porter au-delà des parties élémentaires des mixtes, il n'eſt pas facile de concevoir juſqu'à quel point cette diviſion peut avoir lieu. Il a fallu, pour s'en former une idée aſſez approchante, que les Phyſiciens portaſſent, ſur cet objet, les lumieres du calcul & de l'obſervation la plus ſcrupuleuſe. Nous n'en donnerons que quelques exemples, ſuffiſans pour faire ſentir l'étendue de cette propriété dans les corps, & pour piquer la curioſité de nos Lecteurs. Différens procédés pris dans les arts les plus connus, & quelques obſervations ſur les opérations les plus ordinaires de la Nature, fourniront plus qu'abondamment à la matiere que nous nous propoſons de traiter.

Prodigieuſe diviſibilité démontrée par les procédés des arts.

Les Ouvriers qui ſavent mettre à profit la ductilité des métaux, tels que les Batteurs & les Tireurs d'or; ont continuellement ſous les yeux la preuve la plus frappante de la diviſion extrême qu'on peut faire ſubir à ce métal. Les Teinturiers, qui profitent pareillement de la ductilité du corps colorant, en l'étendant de plus en plus dans ſon diſ-

ſolvant, offrent également au Phyſicien un moyen très-propre à démontrer la vérité que nous voulons établir.

(81) Sans examiner juſqu'à quel point l'induſtrie du Batteur d'or peut tirer parti de la ductilité de ce métal, on ſait qu'on peut aſſez communément étendre une once d'or ſous le marteau, au point d'en former ſeize cents feuillets quarrés, dont chaque côté porte trois pouces, ou trente-ſix lignes de longueur. Procédé du Batteur d'or.

Une ligne ſe diviſe aſſez facilement en douze parties très-diſtinctes les unes des autres. Le côté de chacun des petits quarrés, dont il eſt ici queſtion, peut donc aiſément ſe diviſer en quatre cent trente-deux parties ſenſibles, produit de douze par trente-ſix. Chacune de ces diviſions formera une petite lame de trente-ſix lignes de longueur, & dont la hauteur ne ſera que la quatre cent trente-deuxieme partie de trois pouces. Mais chacune de ces lames pourra pareillement ſe diviſer, ſuivant ſa longueur, en quatre cent trente-deux parties égales; ce qui formera en tout cent quatre-vingt ſix mille ſix cent vingt-quatre quarrés, dont chaque côté n'aura pour hauteur que la quatre cent trente-

deuxieme partie de trois pouces. Or, l'once d'or fournit ſeize cent feuilles ſemblables, ſuſceptibles chacune de la même diviſion. Il ne s'agit donc que de multiplier le dernier nombre par ſeize cents, pour avoir celui des parties que le Batteur d'or nous met à portée de trouver dans une once d'or. Si on effectue cette opération, on aura pour réſultat deux cent quatre-vingt-dix-huit millions cinq cent quatre-vingt-huit mille quatre cent parties; ce qui ſurpaſſe de beaucoup l'idée qu'on pourroit ſe former de la diviſibilité de ce métal, en ne conſidérant les choſes que ſuivant notre maniere ordinaire de les voir.

Si ce procédé fournit au Phyſicien une preuve bien ſenſible de la multitude prodigieuſe de diviſions qu'on peut faire ſubir à un corps, celui du Tireur d'or va encore plus loin, & fournit une preuve plus frappante de la même vérité.

Procédé du Tireur d'or.

(82) Tranſportons-nous dans ces ateliers où l'on fabrique le trait, & examinons tous les procédés qui amenent l'or à ce dernier état, & le rendent enſuite propre à être filé ſur de la ſoie: nous ſerons alors convaincus, qu'on peut encore profiter davantage de la ductilité de ce métal, pour le diviſer en un nombre plus étonnant de parties.

L'opération, dont nous ne donnerons ici qu'une légere idée, ſe fait communément ſur un cylindre d'argent de vingt-deux pouces de longueur, & de quinze lignes de diamètre. On le couvre d'une quantité plus ou moins grande de feuilles d'or, ſuivant la beauté & la ſolidité qu'on veut donner à la dorure.

Suppoſons qu'on n'emploie qu'une once d'or pour cette opération, ce qui ſuffit pour que l'argent ſoit couvert dans toute ſon étendue: on a donc alors un cylindre d'argent doré, qu'il faut allonger au point de le réduire à un très-petit fil. Pour cela, on fait paſſer ce cylindre par une multitude de trous décroiſſans, faits ſur une ſemelle d'acier, qu'on appelle communément une *filiere*. Ce cylindre, qui paſſe avec effort à travers ces trous, s'allonge progreſſivement aux dépens de l'or qui le recouvre; & lorſque cette opération eſt finie, on le trouve réduit en un petit fil d'argent doré, dont la longueur eſt de quatre-vingt-dix-ſept lieues communes de France. On lira, avec plaiſir, le détail de cette opération curieuſe dans un Mémoire de M. *Hellot* (1).

(1) Hellot, Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences.

Ce fil eſt ce qu'on appelle le trait, & l'opération n'eſt point achevée. On ne pourroit employer ce trait dans les ouvrages pour leſquels il eſt communément deſtiné. Il faut l'applatir, & le convertir en lame, pour en faire du filet; ce qu'on appelle, en terme de l'art, *écacher*. Cette derniere opération s'exécute à l'aide d'une machine, connue ſous le nom de *moulin à écacher*, ou de *moulin à battre*. Il eſt compoſé de deux roues d'acier très-polies, placées l'une ſur l'autre, & très-ſerrées ſur leur épaiſſeur. La roue ſupérieure eſt ordinairement chargée d'un poids de vingt-quatre à vingt-cinq livres. On en fait mouvoir une, à l'aide d'une manivelle, & le mouvement qu'on lui imprime, fait tourner l'autre en ſens contraire. Elles entraînent dans leur révolution le trait d'argent doré, engagé entre leurs circonférences, & elles l'applatiſſent. Cette opération l'allonge encore d'un ſeptieme en ſus. Il forme donc alors une lame de cent onze lieues de longueur. Quelle multitude de parties, ſi on vient à diviſer cette lame de la même maniere que nous avons diviſé, dans l'opération précédente, la feuille d'or battu! Pour s'en former une idée aſſez exacte, conſidérons que cette

lame,

lame, dont la largeur eſt elle-même ſuſceptible d'être diviſée en pluſieurs parties ſenſibles, porte deux ſurfaces très-diſtinctes l'une de l'autre. Ces deux ſurfaces, miſes bout à bout, font une longueur de deux cent vingt-deux lieues. Chaque lieue commune de France eſt de deux mille deux cent quatre-vingt-deux toiſes. Suppoſons-là ſeulement de deux mille toiſes : on aura donc alors une lame de quatre cent quarante-quatre mille toiſes. Ce nombre multiplié par ſix, pour réduire cette meſure en pieds, donnera deux millions ſix cent ſoixante-quatre mille pieds. Or, chaque pied contient cent quarante-quatre lignes : on aura donc, en multipliant le dernier nombre par cent quarante-quatre, pour réduire les pieds en lignes, une longueur de quatre cent quatre-vingt-trois millions ſix cent ſeize mille lignes. Si on veut diviſer la ligne en douze points, on multipliera par douze le dernier produit ; ce qui donnera cinq billions huit cent quatre millions cent douze mille parties. Suppoſons maintenant qu'on ne diviſe la largeur de la lame qu'en deux parties ſeulement, cette derniere diviſion doublera le nombre des parties que nous venons d'indiquer, & on aura onze

billions ſix cent huit millions deux cent vingt-quatre mille parties dans une once d'or.

Ce nombre ſurprenant de parties ſenſibles, qu'on peut aſſigner dans une once d'or, traité ſuivant les deux méthodes indiquées, ſe fait également remarquer, lorſque le Phyſicien porte ſes recherches ſur d'autres corps ductiles. On obſerve des effets à-peu-près ſemblables, lorſqu'on conſidere, avec attention, les procédés des teintures & des diſſolutions.

Même vérité prouvée par les teintures.

(83) Tout l'art de la teinture conſiſte à extraire les parties colorantes de différentes ſubſtances, priſes dans les trois regnes de la Nature, & à les appliquer convenablement aux corps qu'on a deſſein de teindre. Cette extraction s'opere par l'intermede d'une liqueur appropriée, qui ſert de véhicule aux parties colorantes. Si la variété des couleurs dépend de la diverſité des ſubſtances qu'on emploie, & de la variété des mêlanges, elle dépend encore aſſez ſouvent de la ductilité du corps colorant, dont l'Artiſte ſait profiter avantageuſement, pour écarter davantage les parties de ce corps, & pour affoiblir à proportion la teinte qu'elles produiſent. De-là ces nuances multipliées, ces

dégradations d'une même couleur, qui peuvent être portées beaucoup plus loin qu'on n'oſeroit l'imaginer.

Cette maniere d'affoiblir une couleur & de la rendre plus tendre, fournit au Phyſicien un moyen auſſi ſimple que curieux, pour démontrer la prodigieuſe diviſibilité de la matiere.

Expérience. Délayez un grain peſant de carmin (1), dans une quantité d'eau ſuffiſante : jettez cette teinture dans ſix pintes d'eau, meſure de Paris, & toute cette maſſe liquide ſera ſuffiſamment imprégnée des parties colorantes du carmin, pour prendre une couleur de chair.

Autre Expérience. Un grain de cochenille pareillement diſſous dans une ſuffiſante quantité d'huile de tartre (note 17), donne une teinture bien plus ſenſible encore à une maſſe d'eau diſtillée ſemblable à la premiere. On ſe ſert, pour ces ſortes d'expériences, des vaiſſeaux que nous avons indiqués (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. pl. IV, fig.* 8.)

Note 17.

(1) Le carmin eſt une fécule qu'on retire de la cochenille. Cette cochenille eſt un progalle inſecte qui nous vient du Mexique. Conſultez le Dictionnaire d'Hiſt. Natur. de Bomare.

Si nous conſidérons maintenant le rapport entre la maſſe du corps colorant & celle du liquide, qui en eſt teint, nous aurons une idée aſſez approchante de la prodigieuſe diviſion à laquelle le corps colorant ſe trouve ſoumis dans ces ſortes d'expériences.

Nous avons ſuppoſé ſix pintes d'eau, dont le poids eſt de douze livres. Ce poids réduit en grains, excede le nombre de cent mille. Mais chaque grain d'eau eſt une quantité aſſez ſenſible pour qu'on puiſſe la diviſer en dix parties. Nous pouvons donc conſidérer dans cette maſſe d'eau un million & plus de parties colorées, puiſque la couleur de la maſſe totale ne vient que de celle de chacune de ſes parties. On diviſe donc dans ces expériences, un grain de carmin, ou un grain de cochenille, en plus d'un million de parties. Ce n'eſt cependant point encore ici où ſe trouvent les limites de la diviſion qu'on peut faire ſubir aux ſubſtances colorantes. On conçoit aiſément que ſi on doubloit la quantité d'eau que nous avons indiquée, cette nouvelle maſſe ſeroit encore ſuffiſamment colorée pour qu'on pût s'en appercevoir. La diviſion du carmin ou de la cochenille ſeroit donc alors portée au-delà de deux millions de parties.

(84) La diſſolution des métaux dans des menſtrues appropriés, nous offre de ſemblables phénomenes, & nous fournit des preuves également ſenſibles de la même vérité. Autre preuve tirée de la diſſolution des métaux.

Un grain peſant de cuivre diſſous dans ſuffiſante quantité d'eſprit volatil de ſel ammoniac (1) (note 18), donne une couleur bleue très-foncée. Cette diſſolution verſée dans une maſſe d'eau diſtillée, ſemblable aux précédentes, la colore aſſez ſenſiblement, pour qu'il n'y ait aucune partie aſſignable dans cette maſſe de liquide, qui ne contienne quelques portioncules de cuivre. La diviſion du cuivre eſt donc portée auſſi loin dans cette expérience, que celle du carmin & de la cochenille. *Expérience.* Note 18.

Veut-on d'autres preuves encore, moins frappantes cependant par l'extrême ténuité des parties, que par l'adreſſe extraordinaire des célebres Artiſtes qui nous ont fait connoître toute l'induſtrie de l'homme, pour diviſer la matiere; nous pourrions en donner une multitude, parmi leſquelles nous choiſirons les ſuivantes.

(1) Boyle, de mirâ ſubtilitate effluviorum. c. 3.

Autres preuves déduites de la dextérité extraordinaire de plusieurs Artistes.

(85) On a vu dans la Chine (1) une Vierge tenant entre ses bras un Enfant-Jesus, le tout dans toutes les proportions requises, & fait de la moitié d'un grain de riz, dont l'autre moitié formoit le piedestal.

On lit dans un excellent ouvrage de *Baker* (2), qu'on voyoit à Tredescant une chaîne d'or composée de trois cents anneaux: cette chaîne n'avoit pas plus d'un pouce de longueur, & elle pouvoit être aisément traînée par une mouche.

Le même Auteur rapporte avoir vu à Durhamgard une chaise, faite par le sieur *Boverik*, Horloger: que cette chaise avoit quatre roues & leurs appartenances, roulant aisément sur leurs essieux, & un homme assis dans la chaise; le tout étoit d'ivoire: elle étoit traînée par une mouche: il ajoute ensuite, qu'ayant pesé exactement la chaise, l'homme & la mouche, le tout ne pesoit pas plus d'un grain.

On lit dans le Journal d'Allemagne (3), qu'un Ouvrier nommé *Oswald Nerlinger*,

(1) Lettres édifiantes de quelques Missionnaires.

(2) Le Microscope à la portée de tout le monde.

(3) T. 1, addend. ad observat. 13.

manioit toutes ſortes de matieres, avec tant de dextérité, qu'il parvint à renfermer dans une coupe, faite d'un grain de poivre, douze cents petites coupes d'ivoire, montées chacune ſur leur pied, dorées à leurs bords, & qu'elles y étoient contenues de façon qu'on auroit pu y en ajouter un tiers en ſus.

Si les différens procédés des Arts ont de quoi ſatisfaire la curioſité du Phyſicien, lorſqu'il cherche des preuves de la prodigieuſe diviſibilité de la matiere, la Nature, bien plus féconde que l'Art, lui en fournit une multitude étonnante, toutes également curieuſes & déciſives. Nous nous bornerons à quelques-unes ſeulement, plus que ſuffiſantes d'ailleurs, pour confirmer une vérité que nous croyons déja ſuffiſamment établie.

Nouvelles preuves de la diviſibilité, déduites des opérations de la Nature.

(86) La diffuſion, ou les émanations des ſubſtances odorantes, nous paroiſſent mériter ici toute l'attention du Phyſicien. Cette évaporation qui ſe ſoutient continuellement ſans une déperdition ſenſible dans le poids de la ſubſtance qui s'évapore, eſt bien propre à ſe prêter au genre de preuves qui conviennent à la Phyſique expérimentale.

Diffuſion des odeurs.

Le célebre *Boyle* (1) tint pendant plu-

(1) Boyle, de mirâ ſubtil. effluv.

ſieurs jours, en expérience, un morceau d'ambre, qui peſoit plus de cent grains. Il le mit en équilibre dans le baſſin d'une balance, avec un contre-poids ſuffiſant, placé dans le baſſin oppoſé. La balance trébuchoit à une petite partie d'un grain, & il ne parut point, au bout de ce temps, que l'ambre eût perdu la moindre partie de ſon poids, quoiqu'il ſe fût continuellement & ſenſiblement évaporé, & qu'il eût parfumé, pendant tout ce temps, la maſſe d'air dans laquelle il étoit renfermé.

Les fleurs dont nos parterres ſont embellis, répandent ſouvent autour d'elles une odeur qui ſe ſent à plus de dix pieds de diſtance, & qui conſéquemment parfume une ſphere d'air de plus de vingt pieds de diametre, dont la ſolidité comprend quatre mille pieds cubes, & au-delà. Cette maſſe d'air ſe renouvelle de momens à autres. Il faut donc, de toute néceſſité, que les parties odorantes, qui s'échappent de ces fleurs, ſoient d'une ténuité inconcevable, pour être auſſi nombreuſes, auſſi multipliées qu'elles le doivent être en cette occaſion.

Les Phyſiciens ont eſſayé, par l'expérience ſuivante, à réduire à un calcul aſſez vrai-

ſemblable, l'extrême délicateſſe de ces parties. Ils ont fait évaporer une quantité connue d'une ſubſtance odorante, & ils ont comparé, autant qu'il leur a été poſſible, la maſſe évaporée à la maſſe d'air qui s'eſt trouvée parfumée par cette évaporation.

Expérience. Evaporation d'une liqueur odorante.

Introduiſez dans une eſpece d'éolipile de verre, une certaine quantité d'eau de lavande, par exemple, & peſez exactement le tout : expoſez cette éolipile, dans une chambre bien fermée, à la flamme d'une lampe à l'eſprit-de-vin. (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. IV, fig.* 9.) Vous verrez bientôt la liqueur bouillir, & ſa vapeur odorante ſortir par le bec de la caſſolette, ou de l'éolipile, pour ſe diſtribuer dans la maſſe d'air compriſe dans toute l'étendue de la chambre. Lorſque cet air ſera ſuffiſamment parfumé, & que vous ſentirez l'odeur de la lavande, dans tous les endroits de la chambre, arrêtez l'évaporation, en éteignant la lampe. Laiſſez refroidir l'éolipile, & peſez-là enſuite, pour connoître le déchet de la liqueur : comparez, après cela, ce déchet à la maſſe d'air renfermée dans la chambre, & vous n'aurez encore qu'un réſultat fort éloigné de celui auquel il faudroit pouvoir

arriver, puiſqu'il s'en faut de beaucoup que le poids qui manque à la liqueur, exprime celui des parties odorantes, qui ſe ſont exhalées pendant l'évaporation. Elles n'en ſont peut-être pas la centieme partie, eu égard à la quantité de véhicule qui s'eſt évaporé avec elles.

Calcul de cette évaporation, propre à donner une idée de la ténuité des parties odorantes.

Pour donner une légere idée de la prodigieuſe diviſibilité de la matiere, déduite de cette expérience, ſuppoſons une ſalle de vingt-deux pieds de longueur, de dix-huit de largeur, & de dix de hauteur : ce ſont les dimenſions de celle dans laquelle j'ai répété pluſieurs fois cette expérience. Si on réduit en lignes cubiques la maſſe d'air compriſe dans l'intérieur de cette ſalle, on trouvera plus de onze billions de lignes cubiques d'air. Suppoſons que l'évaporation, au moment où toute cette maſſe d'air ſe trouve parfumée, ait emporté un grain peſant de liqueur, c'eſt la quantité de déchet que j'ai le plus ſouvent remarqué. Ce grain ſe diviſe donc néceſſairement dans cette opération, en plus de onze billions de parties, en ſuppoſant encore que chaque ligne cubique d'air ne contienne qu'une ſeule partie de la liqueur évaporée : mais il s'en faut de beaucoup que cette ſup-

poſition ſoit juſte. Dans une inſpiration ordinaire, nous ne conſommons pas plus d'une ligne cubique d'air. Il faut donc néceſſairement que cette petite maſſe d'air ſoit imprégnée de pluſieurs parties odorantes, pour qu'elle puiſſe affecter ſenſiblement l'organe de l'odorat (note 19); & ſi nous nous bornons à n'admettre que quatre particules de cette eſpece, dans chaque ligne cubique d'air, ſuppoſition qu'on doit regarder comme très-modeſte, dit un célebre Phyſicien (1), nous trouverons que le nombre des parties odorantes ſurpaſſera quarante-ſept billions.

Ajoutons ici, comme je l'ai déja fait obſerver, que l'évaporation que nous avons évaluée au poids d'un grain, doit être réputée beaucoup moindre par rapport aux parties odorantes, puiſqu'elles ne ſont que la plus petite portion de la liqueur évaporée, qui leur ſervoit de véhicule. Quand je ſuppoſerois que ces molécules ne ſont que la dixieme partie de la maſſe totale évaporée; qu'elles n'en ſont même pas la centieme, perſonne ne pourroit conteſter ces deux ſuppoſitions. Tenons-nous-en à la premiere

(1) Nollet, Leçons de Phyſ. expér. t. 1.

ſeulement; il faudra donc décupler le dernier produit, pour déterminer, d'une maniere plus préciſe, l'extrême ténuité des particules odorantes qui s'exhalent pendant l'opération que je viens de décrire. On trouvera donc que chacune de ces particules eſt plus petite que la quatre cent billionieme partie d'un grain.

Tout corps odorant offre de ſemblables phénomenes. *Boyle* nous apprend (1) qu'il avoit une paire de gants d'Eſpagne, qui avoient été parfumés avec un grain de muſc, & qu'ils répandoient encore une odeur très-ſuave vingt-neuf ans après.

Emanations des ſubſtances perſpirables.

Les émanations de toutes les ſubſtances perſpirables, peuvent également ſervir de preuves à la même vérité, & elles ont cela de particulier, qu'elles conſervent pendant long-temps les qualités du corps duquel elles ſe ſont détachées. Nous liſons dans *Sennert* (2), que des Eleves en Chymie furent trouvés endormis dans un laboratoire, pour y avoir reſpiré les vapeurs qui s'élevoient d'une diſtillation de ſubſtances ſoporifiques.

(1) De mirâ ſubtil. effluv.

(2) Sennert, lib. 6, part. 7, cap. 1.

Il arriva la même choſe à *Levinus Lomnius* (1); il fut attaqué d'un ſommeil qu'il ne put éviter, qu'en retirant de ſon cabinet des pommes de mandragore qui y étoient.

Sennert rapporte encore (2), qu'en 1542, la peſte fit mourir plus de ſix mille hommes à *Breſlaw*, en ſix mois de temps, & qu'elle ſe conſerva dans un linge ployé pendant quatorze ans, lequel ayant été tranſporté dans une autre Ville, y cauſa la peſte, qui ſe répandit dans les campagnes voiſines.

Trincavalla fait mention (3) d'une contagion plus ſubtile encore; elle détruiſit dix mille hommes: elle avoit été occaſionnée par des cordages qui avoient ſervi à deſcendre des peſtiférés dans des foſſes.

(87) Les obſervations microſcopiques offrent encore au Phyſicien un moyen également sûr, pour démontrer la prodigieuſe diviſibilité de la matiere. Les infuſions, les macérations des plantes lui offrent un ſpectacle des plus variés d'animaux de différentes eſpeces, que *Lewenhoek* examina

Même vérité démontrée par les obſervations microſcopiques.

(1) In explicat. herbarum. biblicar. cap. 2.

(2) De febribus, lib. 4, cap. 3.

(3) Lib. 3, conſult. 17.

anciennement avec l'attention la plus ſcrupuleuſe, & parmi leſquels il en trouva qui étoient cent millions de fois plus petits qu'un grain de ſable (1). M. *de Maleʒieu* en a pareillement obſervés, qu'il eſtima vingt-ſept millions de fois plus petits qu'une mitte (2). Tous ces animaux ſont des corps organiſés, munis de muſcles & de vaiſſeaux remplis de liqueurs, dont les globules, comparés à la groſſeur du corps de ces animaux, ſont dans le même rapport, ou dans un rapport approchant de celui qu'on découvre entre la groſſeur des globules de nos liqueurs, comparée à celle de notre corps. Quelle prodigieuſe quantité de chiffres ne faudroit-il donc pas employer pour exprimer la ténuité de ces ſortes de globules (note 19) ! ce qui prouve plus que ſuffiſamment combien les opérations de la Nature l'emportent ſur celles de l'Art, pour pouſſer la diviſion de la matiere au-delà de ce qu'on oſeroit imaginer.

Note 19.

Multiplication des ſurfaces, occaſionnée par la diviſion.

(88) La diviſion des corps multiplie étonnamment l'étendue de leurs ſurfaces. On conçoit, en effet, que chaque corps eſt terminé,

(1) Arcan natur.

(2) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scien. ann. 1718.

en tout ſens, par des ſuperficies qui lui ſont propres, & qui ſe multiplient à raiſon du nombre de diviſions qu'on lui fait ſubir.

Suppoſons, par exemple, qu'on coupe une orange en deux parties égales : outre la ſurface qu'elle avoit auparavant, cette ſection produit deux plans circulaires qui augmentent d'autant l'étendue de ſa ſurface totale (note 20). Si on coupe encore chacune de ces deux parties en deux également, il en naîtra quatre nouvelles ſurfaces de la même étendue que les deux précédentes, & ainſi de ſuite. Note 20.

Cette obſervation ne doit point être négligée du Phyſicien. Elle le met à portée de connoître, lorſqu'il évalue l'étendue des ſurfaces, la réſiſtance qu'un corps peut éprouver en différentes circonſtances. Elle lui apprend qu'une charge de menu plomb, par exemple, pouſſée avec une force donnée, ne portera pas, à beaucoup près, auſſi loin qu'une balle de même poids, lancée avec la même force. Elle lui apprend qu'un grand vaiſſeau eſt beaucoup plus favoriſé du vent, qu'un autre vaiſſeau d'un plus petit volume, &c. &c.

ARTICLE CINQUIEME.

De la mobilité.

(89) Outre les propriétés générales dont nous avons parlé jusqu'à présent, on en découvre encore une autre qui convient également à tous les corps. Cette derniere, qu'on connoît sous le nom de *mobilité*, consiste dans cette faculté qu'ils ont de pouvoir passer d'un lieu dans un autre, en vertu d'une force motrice qu'on leur imprime.

Définition.

(90) Si tous les corps sont mobiles, ils ne le sont pas tous également. Une même force appliquée à différens corps ne les fait pas tous mouvoir de la même maniere. Quatre causes concourent conjointement ou séparément à cet effet: *leurs masses, leurs figures, les aspérités de leurs surfaces, & leurs volumes.*

Elle souffre du plus & du moins.

1°. C'est un fait universellement reconnu, que tout corps quelconque ne se meut, ni plus vîte, ni plus lentement que chacune de ses parties en particulier. Or, pour faire mouvoir chacune des parties d'un mobile, il faut, de

Par rapport à la masse.

de toute néceſſité, lui imprimer une force qui ſe diſtribue uniformément à chacune de ſes parties. L'intenſité de cette force, conſidérée dans chacune, diminue donc à raiſon du nombre de ces parties : mais comme tout effet eſt proportionnel à la force qui le produit, la vîteſſe avec laquelle chacune des parties de ce mobile ſe meut, ſuit la même proportion, & devient d'autant plus petite. Le mobile lui-même, animé d'une force donnée, ſe meut donc d'autant plus lentement, qu'il porte plus de maſſe avec lui, ou qu'il eſt compoſé d'un plus grand nombre de parties.

Suppoſons, par exemple, deux mobiles, qui ne different entre eux que par leur maſſe, & qui ſoient tels que la maſſe de l'un ſoit double de celle de l'autre. La même force étant appliquée à l'un & à l'autre, celui dont la maſſe ſera double, ſe mouvera une fois plus lentement que l'autre. Donc la maſſe influe ſur la mobilité d'un corps.

2°. La figure du mobile doit encore entrer en conſidération, dans l'eſtimation de ſa mobilité. Il eſt conſtant, en effet, que ſi deux corps ſont égaux en tout, excepté en figure, l'un ſera plus mobile que l'autre. On

Par rapport à la figure.

s'en convaincra aiſément, & d'une maniere fort ſenſible, ſi on applique la même force à deux corps de cette eſpece : à une ſphere, par exemple, & à un autre corps d'une figure différente, & dont les faces ſoient plus ou moins multipliées. La ſphere qui ne touchera le plan ſur lequel elle ſe mouvera, que par un très-petit point de ſa ſurface, éprouvera moins de réſiſtance, & ſe mouvera plus facilement.

Par rapport à la ſurface.

3°. Il en eſt de même de la ſurface du mobile : elle apporte plus ou moins d'obſtacle à ſon mouvement, ſuivant qu'elle eſt plus unie, ou plus remplie d'aſpérités, qui lui font éprouver des frottemens plus conſidérables.

Par rapport au volume.

4°. Le volume du mobile ne doit point être négligé, lorſqu'il s'agit de juger de ſa mobilité. Plus, en effet, il aura de volume, toutes choſes égales d'ailleurs, plus il éprouvera de réſiſtance de la part du milieu qu'il traverſera, comme nous le démontrerons ailleurs.

(91) Quatre choſes influent donc, dans les circonſtances ordinaires, ſur la mobilité d'un corps, & diminuent plus ou moins l'intenſité de cette propriété. De ces quatre

choſes, la figure, la ſurface & le volume ſe réduiroient à zéro, ſi les corps étoient ſuppoſés ſe mouvoir dans un vuide parfait: il ne reſteroit donc alors que la maſſe du mobile, qui apporteroit plus ou moins d'obſtacle à ſa mobilité. Or, pluſieurs célebres Phyſiciens donnent à cet obſtacle, qui naît de la maſſe du mobile, le nom de *force d'inertie*. Ils entendent donc par cette force la réſiſtance que la maſſe d'un mobile oppoſe à ſon mouvement.

De la force d'inertie.

(92) Cette réſiſtance, ſuivant eux, eſt une force réelle, inhérente à cette maſſe, à laquelle elle eſt, diſent-ils, proportionnelle. Si elle ſe décele dans un corps en repos, qu'on veut faire paſſer de cet état à celui du mouvement, elle ſe décele pareillement dans un corps en mouvement, auquel on veut imprimer une plus grande vîteſſe.

Il ne faut donc point confondre cette force, en ſuppoſant qu'elle exiſte, avec *l'inertie* que tout le monde reconnoît dans la matiere. Celle-ci eſt une ſimple qualité de la matiere, ou mieux, une ſimple privation, qui fait que la matiere n'a aucune activité; qu'elle ne peut ſe donner par elle-même aucune modification, ni apporter aucun changement à celles

qu'elle a reçues, au lieu que la force d'inertie, priſe dans le ſens de ſes Partiſans, eſt une force réelle & intrinſeque. Cette force, reconnue même par *Deſcartes*, ne conſiſtoit, ſuivant lui, que dans le ſeul repos de ſes parties, auquel il attribuoit toute la réſiſtance qu'on éprouve à mouvoir un corps en repos, ou à accélérer la vîteſſe de celui qu'on ſuppoſe en mouvement. Si le repos n'étoit pas une ſimple privation de mouvement, un état purement négatif, l'opinion de *Deſcartes* ne ſeroit point fort éloignée de la vérité. On pourroit la modifier, & l'appliquer aux circonſtances même où il s'agit de changer la direction du mobile, ou d'accélérer ſa vîteſſe. Il paroît conſtant que ce n'eſt point au repos préciſément, que nous devons attribuer la réſiſtance qu'un mobile nous fait éprouver, lorſque nous projettons de le mettre en mouvement. Ce n'eſt point non plus à ſa peſanteur, comme quelques-uns l'ont prétendu, que nous devons attribuer cet effet: *Kepler*, *Newton*, & tous ceux qui ont embraſſé leur opinion, ont ſuffiſamment ſatisfait à cette difficulté; & perſonne ne doute actuellement, qu'on ne doit point confondre la réſiſtance au mouvement avec la peſanteur,

puiſque cette réſiſtance ſe fait également ſentir, lorſqu'on veut mouvoir un mobile, ſelon une direction favorable à ſa peſanteur. Quelle peut donc être cette réſiſtance ? D'où procede-t-elle ? C'eſt ce que les Partiſans de la force d'inertie ne ſe propoſent point de réſoudre. Ils la regardent ſeulement comme une loi de la Nature ; un acte particulier de la volonté du Créateur, qui a décerné que les corps oppoſeroient une réſiſtance au mouvement, & que cette réſiſtance ſeroit proportionnelle à la maſſe des corps à déplacer : d'où l'on conclut que c'eſt une force réelle & inhérente à toutes les parties de la matiere. Quoiqu'il ne ſoit pas donné au Phyſicien de remonter aux loix générales de la Nature, pour ſaiſir la véritable raiſon de leur inſtitution, nous croyons cependant pouvoir expliquer, d'une maniere aſſez claire & aſſez exacte en même-temps, la cauſe de cette réſiſtance, qu'on regarde mal-à-propos comme une force réelle & inhérente dans toutes les parties de la matiere.

(93) Nous conviendrons avec les Partiſans de la force d'inertie, qu'il n'eſt aucun corps dans la Nature, qui ne faſſe éprouver une réſiſtance donnée au mouvement qu'on tend

à lui imprimer. Nous conviendrons encore que cette réſiſtance eſt proportionnelle à la maſſe du mobile ; c'eſt-à-dire, qu'on éprouve une réſiſtance d'autant plus grande, toutes choſes égales d'ailleurs, que le mobile porte plus de maſſe avec lui. Nous ajouterons encore, qu'il faut employer une nouvelle force, lorſqu'il s'agit d'augmenter la vîteſſe d'un corps en mouvement. Mais nous ne conviendrons pas pour cela, qu'il ſoit néceſſaire d'admettre dans le corps en repos, ainſi que dans celui qui ſe meut moins vîte, une force réelle & intrinſeque, en vertu de laquelle le premier réſiſte à ſon déplacement, & l'autre à une plus grande vîteſſe. Nous croyons, avec le célebre *Euler*, que l'idée de force ne peut convenir dans cette occaſion : que cette inertie qu'on remarque dans les corps, n'eſt autre choſe que la perſévérance d'un corps à demeurer dans l'état où il ſe trouve, à raiſon de ſon inactivité, tandis qu'une force, en général, produit, ou tend à produire un changement dans cet état. L'exercice de cette inertie, s'appelle réſiſtance, ſi on veut, mais préciſément en tant qu'un corps quelconque exige une force réelle & particuliere pour changer ſon état actuel.

Si, en effet, cette inertie étoit une véritable force, qu'elle fût inhérente aux parties de la matiere, pourroit-on regarder un corps comme un être paſſif, également indifférent au repos & au mouvement; puiſque cette inertie étant une force réelle & directement oppoſée au mouvement, ou à un plus grand mouvement, elle ſolliciteroit néceſſairement ce corps à demeurer en repos, ou à reprendre cet état, dès qu'on l'en auroit retiré, abſtraction faite du frottement & de la réſiſtance des milieux, qu'on reconnoît comme les véritables obſtacles à la perpétuité du mouvement? On conçoit, en effet, naturellement, que tout ce qui eſt directement oppoſé à un état, favoriſe néceſſairement celui qui lui eſt contraire. On ne pourroit donc pas dire, & il ſeroit abſurde de regarder un corps comme un être paſſif, puiſqu'il ſeroit naturellement & néceſſairement déterminé au repos.

Ajoutons ici, que les preuves ſur leſquelles on ſe propoſe d'appuyer l'exiſtence de la force d'inertie, prouvent directement pour l'opinion contraire. S'il réſidoit effectivement dans un corps une force réelle, oppoſée à ſon mouvement, ce corps ne pourroit être

mu, que cette force ne fût détruite: mais la deſtruction d'une force emporte néceſſairement avec elle celle de ſon antagoniſte. Lorſqu'un corps ſe meut avec une force donnée, ſuppoſons comme quatre, ſi on lui oppoſe une force ſemblable, le mouvement ſe détruit dans ce corps, & la force oppoſée perd toute ſon activité, & ſe réduit à zéro. La puiſſance qui tendroit à animer un mobile, ſoit pour le retirer de l'état de repos, ſoit pour le faire mouvoir plus vîte, perdroit donc une partie de ſon intenſité, à vaincre l'inertie de ce mobile. Un corps mou, par exemple, qui viendroit heurter contre un autre corps mou en repos, & qui lui ſeroit égal en maſſe, conſumant une partie de ſa force à vaincre l'inertie du corps choqué, ne ſe mouveroit point après le choc, ainſi que le corps choqué, avec une vîteſſe ſous-double de celle qu'il avoit avant le choc. C'eſt un principe reçu, qu'il faut employer une même force, pour mouvoir également vîte deux maſſes égales. Or, une portion de la force totale du mobile étant conſommée contre l'inertie du corps choqué, & le reſte ſe diſtribuant par la moitié, la vîteſſe ſeroit néceſſairement moins que ſous-double, dans

l'exemple propoſé : d'où il ſuit que l'expérience que *Newton* réclame en faveur de la force *d'inertie* (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. V, fig.* 1.), prouve directement contre ſon opinion. Celle que l'Abbé *Nollet* invoque pareillement en faveur de la même opinion (1), & que nous avons indiquée (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. V, fig.* 2), par laquelle on démontre qu'il faut employer une plus grande force pour imprimer plus de vîteſſe à un mobile, favoriſe encore davantage l'opinion contraire.

Si on eſt, en effet, obligé d'employer une force proportionnée à la maſſe du mobile, pour le mettre en mouvement avec une vîteſſe donnée, ou pour mouvoir plus vîte une même maſſe, c'eſt qu'il ne peut y avoir dans la Nature aucun effet ſans cauſe, & que tout effet doit être proportionné à la cauſe qui le produit. Or, la vîteſſe du mobile n'étant que l'effet de la force qui le met en mouvement, cette cauſe, ou cette force doit être d'autant plus grande, qu'elle a plus d'effet à produire, ou plus de parties à

(1) Nollet, Leçons de Phyſ. expérim. t. 1.

mouvoir. S'il faut pareillement employer une nouvelle force, pour augmenter la vîteſſe d'un corps en mouvement, c'eſt qu'il faut augmenter l'intenſité de la cauſe, à proportion qu'on veut augmenter ſon effet.

Concluſion. Réduiſant donc les choſes à leur juſte valeur, on peut ſe ſervir du terme *d'inertie*, ou ſi on veut, de celui de *force d'inertie*, pour déſigner ſeulement l'exigence de la force qu'il faut employer pour déterminer au mouvement un corps qui eſt en repos, ou pour faire mouvoir plus vîte un corps qui ſeroit déja en mouvement.

TROISIEME SECTION.

Du mouvement.

Idée du repos. (94) LA conſidération du mouvement entraîne néceſſairement avec elle celle du *repos*, qui n'eſt qu'un état purement négatif, & oppoſé à celui du mouvement. Sans nous occuper ici de toutes les diſtinctions métaphyſiques auxquelles l'idée du repos a donné naiſſance, nous concevons parfaitement que la privation du mouvement dans un corps, emporte néceſſairement avec elle

l'idée de ſon repos, & que ce repos n'eſt autre choſe que *ſa perſévérance à demeurer conſtamment dans la même portion de l'eſpace qu'il occupe.*

On conçoit également que cet état ne ſouffre ni du plus, ni du moins, & qu'on ne peut pas dire de deux corps en repos, que l'un des deux eſt plus en repos que l'autre.

On conçoit encore qu'un corps mis en repos, demeurera conſtamment dans cet état, juſqu'à ce qu'une cauſe étrangere, une force particuliere l'oblige d'en ſortir. C'eſt un être paſſif, incapable de ſe donner aucune modification, ou d'altérer en rien celles qu'il a reçues; & c'eſt tout ce qu'il ſuffit de ſavoir par rapport au repos.

Du mouvement.

(95) Toute force quelconque, appliquée à un corps en repos, le fait paſſer de cet état à celui du mouvement, ou tend à le mettre en mouvement, en ſuppoſant qu'il ſe rencontre un obſtacle qui s'oppoſe invinciblement à cet effet. Qu'eſt-ce donc que le mouvement? C'eſt, ſans contredit, une des plus difficiles queſtions qu'on puiſſe agiter en Phyſique. Rien de plus familier que ce mode de la matiere, mais rien en même-

Sa nature.

temps de plus incompréhenſible que ſa nature. On peut en juger aiſément par les efforts inutiles qu'ont fait, juſqu'à ce jour, les plus célebres Phyſiciens, pour le définir exactement.

Sentiment de Deſcartes.

Deſcartes veut que ce ſoit une application active & ſucceſſive d'un corps aux parties de ceux qui l'environnent. Mais comment pourroit-on ſe former l'idée d'un corps en mouvement dans le vuide, où il n'y auroit aucun corps environnant ? ou ſi toute la matiere de l'univers étoit renfermée en une ſeule & unique maſſe, comment pourroit-on concevoir qu'elle fût en mouvement ?

Sentiment plus général.

D'autres le regardent comme une pure relation : mais, ſuivant cette idée, un corps ne pourroit ſe mouvoir vers un autre corps en repos, que ce dernier ne parût également en mouvement, puiſqu'il acquéreroit lui-même, à chaque inſtant, une nouvelle relation, par rapport au corps qui s'en approcheroit. D'autres s'en ſont formés des idées plus bizarres encore, que nous paſſerons ſous ſilence, en convenant de bonne foi que la nature du mouvement a échappé, juſqu'à préſent, à toute la ſagacité des plus habiles Phyſiciens.

(96) Nous ne pouvons néanmoins le faire mieux connoître, & en donner une idée plus satisfaisante, qu'en le regardant comme le *transport d'un mobile qui passe d'un lieu dans un autre.* Si cette définition ne peut être regardée comme rigoureuse, elle a cet avantage, qu'elle nous donne une idée plus précise de ce mode important de la matiere. On ne peut, en effet, concevoir le transport d'un mobile qui passe d'un lieu à celui qui l'avoisine, qu'on ne conçoive en même-temps que ce corps est en mouvement.

Idée qu'on peut s'en former.

Ce transport n'est, à la vérité, que l'effet immédiat du mouvement. C'est évidemment parce qu'un corps est en mouvement, qu'il passe d'un lieu dans un autre : mais en considérant ce transport comme le mouvement lui-même, & en prenant l'effet pour la cause, cette confusion ne nuit en rien aux connoissances que le Physicien peut acquérir sur le mouvement.

(97) On distingue assez généralement le mouvement en trois especes ; en *mouvement uniforme, non uniforme*, & *mixte.* Il est *uniforme*, dit-on, lorsqu'il fait parcourir au mobile des espaces égaux en temps égaux : *non uniforme*, lorsque les espaces qu'il par-

Division générale du mouvement.

cours dans le même-temps, ne ſont point égaux : *mixte* enfin, lorſque le mobile obéit à deux forces, dont l'une lui fait parcourir des eſpaces égaux, & l'autre des eſpaces inégaux dans le même-temps. Quelque exacte & ſuivie que ſoit cette diviſion, il eſt peu de mouvemens uniformes dans la Nature, ſi nous en exceptons ceux qui dépendent de quelque méchanique ingénieuſe, qui détruit conſtamment l'effet des cauſes naturelles, qui s'oppoſent continuement à l'uniformité du mouvement. Nous ne nous aſtreindrons donc point à ſuivre rigoureuſement cette diviſion, ſans rien omettre cependant de ce qui concerne ces trois eſpeces de mouvemens. Nous le conſidérerons comme *ſimple*, ou comme *compoſé*. De quelque eſpece qu'il ſoit, nous conſidérerons que le mouvement ſe communique d'un mobile à un autre que le premier rencontre ſur ſon chemin, & que, dans toutes les circonſtances ordinaires & dépendantes de la conſtitution actuelle de l'univers, il ſe trouve des obſtacles qui s'oppoſent à la perpétuité du mouvement, qui alterent plus ou moins ſenſiblement la viteſſe, & ſouvent même la direction du mobile ; qu'outre les différentes cauſes que

Autre diviſion.

nous pouvons faire agir contre un mobile, pour le faire mouvoir, il exiſte dans la Nature une cauſe générale, qui maîtriſe tous les corps vers un centre particulier, & à laquelle ils obéiſſent, lorſqu'on les abandonne à eux-mêmes, & que rien ne s'oppoſe efficacement à l'effet qu'elle tend à produire, ou lorſqu'ils n'acquierent point d'autres forces particulieres & oppoſées.

Pour développer, comme il convient, cette multitude d'objets importans, qui ſe préſentent dans la conſidération du mouvement, nous diviſerons cette ſection en ſept articles particuliers. Le premier traitera du mouvement ſimple & compoſé : le ſecond de la communication du mouvement : le troiſieme du mouvement réfléchi : le quatrieme, des obſtacles à la perpétuité du mouvement : le cinquieme, du mouvement réfracté : le ſixieme, de la peſanteur : & le ſeptieme, des forces centrifuges.

Diviſion de cette ſection.

ARTICLE PREMIER.

Du mouvement ſimple & compoſé.

(98) Si ces deux eſpeces de mouvemens ne different point eſſentiellement entre elles ; ſi elles ne ſont différentes que par les cauſes qui les produiſent, elles ont néanmoins leurs loix particulieres qui les diſtinguent ; & pour en différter plus méthodiquement, nous diviſerons cet article en deux paragraphes. Le premier traitera du mouvement ſimple ; le ſecond, du mouvement compoſé.

Diviſion de cet article.

PARAGRAPHE PREMIER.

Du mouvement ſimple.

Définition.

(99) Le mouvement eſt ſimple, lorſqu'il eſt produit par l'action d'une ſeule puiſſance, ou par pluſieurs qui tendent conjointement à porter le mobile au même point, ou enfin, par la ſupériorité d'une puiſſance ſur une autre qui lui ſeroit diamétralement oppoſée.

Diviſion de ce paragraphe.

On conſidere trois choſes dans cette eſpece de mouvement : la vîteſſe qui anime le mobile ; la force avec laquelle il ſe meut, & les loix

loix auxquelles il eſt ſoumis. Ces trois objets feront la matiere des trois nombres ſuivans.

NOMBRE PREMIER.

De la vîteſſe.

(100) La vîteſſe d'un mobile, n'eſt que le rapport de l'eſpace qu'il parcourt, au temps qu'il emploie à le parcourir. On conçoit de-là, qu'un mobile a d'autant plus de vîteſſe, qu'il parcourt plus d'eſpace dans un temps donné, ou qu'il emploie moins de temps à parcourir le même eſpace. La vîteſſe croît donc dans le mobile, à proportion que l'eſpace augmente, ou que le temps diminue; & c'eſt de-là qu'eſt venue cette expreſſion générale : *la vîteſſe d'un mobile ſuit la raiſon directe de l'eſpace, & la raiſon inverſe du temps.* De la vîteſſe.

(101) On diſtingue communément deux eſpeces de vîteſſes : l'une *abſolue*, & l'autre *relative.*

La premiere eſt préciſément celle dont nous venons de parler. Elle ſe meſure, en diviſant l'eſpace par le temps que le mobile a employé à le parcourir. Veut-on, par exemple, connoître la vîteſſe d'un mobile Vîteſſe abſolue.

qui parcourt quinze eſpaces donnés en trois inſtans ? diviſez quinze par trois, & le quotient cinq exprimera la vîteſſe du mobile ; c'eſt-à-dire, la quantité d'eſpace qu'il aura parcouru dans chaque inſtant (note 1).

Note 1.

Viteſſe relative.

(102) La *viteſſe relative*, ou *reſpective*, eſt celle par laquelle deux ou pluſieurs corps s'approchent, ou s'éloignent les uns des autres. N'en ſuppoſons que deux, pour ſimplifier l'idée qu'il convient de s'en former. Dans cette ſuppoſition, il peut ſe faire que les deux corps ſe meuvent ſur la même, ou ſur différentes lignes. Dans le premier cas, la vîteſſe relative eſt égale à la ſomme, ou à la différence de leurs vîteſſes abſolues.

Suppoſons, par exemple, les corps A & B, (plan. 2, fig. 1,) placés aux extrémités de la ligne AB, l'un ſe mouvant de A, vers C, & l'autre de B en C, avec des vîteſſes déſignées par ces mêmes lignes AC, BC, il eſt évident qu'ils s'approcheront l'un de l'autre avec la totalité des vîteſſes qui les animent, & conſéquemment que leur vîteſſe relative ſera égale à la ſomme de leurs vîteſſes abſolues.

Plan. 2, fig. 1.

Suppoſons-les maintenant placés l'un auprès de l'autre, vers le milieu de la ligne

CD, (plan. 2, fig. 2,) l'un ſe mouvant de A en D, & l'autre de B en C, avec des vîteſſes repréſentées par les lignes A D & BC; il eſt pareillement conſtant qu'ils s'éloigneront l'un de l'autre, avec la ſomme de leurs vîteſſes abſolues A D & B C, & conſéquemment, que leur vîteſſe relative ſera encore égale à la ſomme de leurs vîteſſes abſolues. Plan. 2, fig. 2;

Suppoſons enfin que, placés ſur la même ligne C A (plan. 2, fig. 3,) ils ſe meuvent dans le même ſens; le corps A, de A en B, avec une vîteſſe repréſentée par A B, & le corps B, de B en C, avec une vîteſſe déſignée par B C; dans ce cas, ces deux corps ne s'approcheront l'un de l'autre, qu'à raiſon de l'excès de la vîteſſe abſolue du corps A, ſur celle du corps B. Leur vîteſſe reſpective ſera donc alors égale à la différence de leurs vîteſſes abſolues. On auroit encore la même expreſſion; la vîteſſe relative ſeroit encore égale à la différence des vîteſſes abſolues, ſi la ligne A G, étant prolongée vers C, le corps B étoit ſuppoſé ſe mouvoir plus vîte que le corps A. Ils ne s'éloigneroient l'un de l'autre, qu'à raiſon Plan. 2, fig. 3;

de l'excès de la vîteſſe abſolue du corps B, comparée à celle du corps A.

Si ces corps ſe mouvoient ſur des lignes différentes, l'eſtimation de leur vîteſſe reſpective ſeroit ſuſceptible de quantité de variétés, dans l'expoſition deſquelles il paroît inutile de deſcendre. Il ſuffit ſeulement d'en donner un ſeul exemple, afin qu'on puiſſe s'en former une idée aſſez exacte.

Suppoſons donc que le corps A & le corps B (plan. 2, fig. 4), ſoient placés aux extrémités de la ligne AB, & qu'ils viennent à ſe réunir au point C, après avoir parcouru les lignes AC & BC; leur vîteſſe reſpective s'exprimera par la ligne AB. Cette ligne, en effet, marque la diſtance qui les ſéparoit, & la quantité dont ils ſe ſont rapprochés, pour ſe rencontrer au point C. Or, cette ligne AB eſt plus petite que la ſomme des lignes AC & BC, qui déſignent les vîteſſes abſolues de ces deux corps: d'où il ſuit que, dans ce cas, leur vîteſſe reſpective eſt moindre que la ſomme de leurs vîteſſes abſolues.

Plan. 2, fig. 4.

NOMBRE SECOND.

De la quantité du mouvement.

De la quantité de mouvement.

(103) Si la force d'un corps en mouvement augmente à proportion que ſa vîteſſe augmente, il ne s'enſuit pas pour cela, qu'on puiſſe, en général, déterminer ſa force, ou ſa quantité de mouvement, en ne conſidérant ſeulement que la vîteſſe avec laquelle il ſe meut. Il faut encore avoir égard à la maſſe qu'il porte avec lui. Mais de quelle maniere la maſſe doit-elle entrer en conſidération dans l'eſtimation de la force d'un corps en mouvement?

Conſidérations ſur la maſſe du mobile.

Pour réſoudre cette queſtion d'une maniere plus facile à ſaiſir, nous obſerverons que la force qu'on imprime à un corps, pour le faire mouvoir, ſe diſtribue uniformément à toutes les parties de ce mobile, & imprime à chacune une vîteſſe proportionnée & ſemblable à celle qu'on découvre dans ce mobile, qui ne peut ſe mouvoir, ni plus, ni moins vîte que chacune de ſes parties en particulier. La vîteſſe avec laquelle il paroît ſe mouvoir, & qu'on diſtingue ſous le nom de *vîteſſe commune*, n'eſt donc que

l'expreſſion de la force qui réſide dans chacune de ſes parties Il faut donc néceſſairement avoir égard à ſa maſſe & à ſa vîteſſe, pour juger de la force totale, ou de la quantité de mouvement qui l'anime : à ſa maſſe, pour connoître le nombre de parties qui jouiſſent chacune d'une vîteſſe, ou d'une force donnée : à ſa vîteſſe, pour connoître l'intenſité de la force qui réſide dans chacune de ſes parties.

Développement des forces d'un corps en mouvement.

Suppoſons, par exemple, qu'une force comme ſix, ſoit appliquée à un corps qui n'ait qu'un ſeul degré de maſſe ; cette force ſe réuniſſant, ſe concentrant, pour ainſi dire, en un ſeul degré de maſſe, y produira un effet comme ſix : elle lui communiquera donc ſix degrés de force, & conſéquemment cette maſſe ſe mouvera avec une vîteſſe comme ſix.

Que cette même force ſoit appliquée à une maſſe double de la précédente, elle ne produira alors que la moitié de l'effet que nous venons d'indiquer, puiſque, ſe diſtribuant également à chacune des parties de ce corps, elles ne recevront l'une & l'autre que trois degrés de force, & conſéquemment que trois degrés de vîteſſe. La vîteſſe com-

mune, ſemblable à celle dont chaque partie du mobile eſt animée, ne ſera donc alors que de trois degrés, tandis que la force totale du mobile ſera égale à ſix.

La vîteſſe commune qu'on remarque dans un corps en mouvement, n'exprime donc effectivement que l'intenſité de la force qui appartient à chacune de ſes parties; & conſéquemment, pour connoître toute l'intenſité de celle qui réſide dans le mobile, il faut prendre la ſomme des forces particulieres, répandues dans toutes ſes parties; c'eſt-à-dire, ajouter à elle-même la vîteſſe commune, autant de fois qu'il y a de parties dans le mobile; ce qui s'appelle, à proprement parler, multiplier la maſſe par la vîteſſe. Ainſi, pour avoir la quantité de mouvement d'un mobile, dont la vîteſſe commune ſeroit égale à quatre, & dont la maſſe s'exprimeroit par trois, il faut ajouter trois fois à elle-même la vîteſſe commune quatre, ou plus ſimplement, multiplier cette vîteſſe quatre par la maſſe trois, & le produit douze indiqueroit la force totale, ou la quantité de mouvement du mobile.

La vîteſſe, en effet, de ce corps étant ſuppoſée égale à quatre, chacune de ſes parties

a quatre degrés de vîteſſe, & conſéquemment quatre degrés de force; mais la maſſe de ce corps eſt ſuppoſée égale à trois. Il eſt donc compoſé de trois parties, qui jouiſſent chacune de quatre degrés de force. La ſomme totale des forces eſt donc égale à trois fois quatre, produit de la maſſe par la vîteſſe commune. Donc il faut multiplier la vîteſſe par la maſſe, loſqu'on veut connoître la quantité de mouvement, ou l'intenſité de la force qui réſide dans un corps en mouvement.

Corollaire I. (104) Il ſuit de-là, 1°. que la vîteſſe d'un mobile venant à augmenter, ſa maſſe reſtant la même, la force de ce mobile augmente dans la même proportion. Donc ſi pluſieurs corps de même maſſe ſe meuvent avec des vîteſſes différentes, leurs forces ſeront entre elles, comme les vîteſſes avec leſquelles ils ſe mouveront.

Corollaire II. 2°. Que ſi pluſieurs mobiles jouiſſent de la même vîteſſe, leurs forces ſeront entre elles comme leurs maſſes; c'eſt-à-dire, qu'ils auront d'autant plus de force, qu'ils auront plus de maſſe, puiſqu'ils ſeront alors compoſés d'un plus grand nombre de parties, animées chacune de la même force.

3°. Qu'une force étant donnée, elle produira d'autant moins de vîteſſe dans un mobile, qu'elle aura plus de parties à mouvoir, puiſque ſe diſtribuant uniformément aux unes & aux autres, elle deviendra d'autant moindre pour chacune; ce qui influera proportionnellement ſur la vîteſſe commune du mobile. Corollaire III.

4°. Que les forces ſeront égales dans deux mobiles, dont les vîteſſes ſeront en raiſon réciproque des maſſes; c'eſt-à-dire, dont la vîteſſe, dans la plus petite maſſe, excédera la vîteſſe de la plus grande, autant que cette derniere maſſe ſurpaſſera la plus petite. Corollaire IV.

Nous avons, en effet, démontré (103), que les forces ſont égales aux produits de la vîteſſe par la maſſe. Or, deux produits faits de vîteſſes & de maſſes, & qui ſont en raiſon réciproque, ſont égaux : donc les forces ſont égales. Une vîteſſe comme deux, par exemple, multipliée par une maſſe comme quatre, donne le même produit qu'une vîteſſe comme quatre, multipliée par une maſſe comme deux (note 2). Note 2.

NOMBRE TROISIEME.

Des loix du mouvement ſimple.

(105) Les loix du mouvement ſimple ſont autant d'axiomes, dont la vérité ſe fait ſentir par leur ſeule expoſition. Nous nous bornerons donc à les expoſer telles que *Newton* nous les a tranſmiſes, ſans inſiſter particuliérement ſur aucunes. Elles ſont au nombre de trois.

Premiere loi du mouvement ſimple.

1°. *Tout corps en mouvement doit perſévérer dans cet état, ſuivant la même direction, & avec la même viteſſe, juſqu'à ce qu'une cauſe étrangere change ou altere la direction qu'il a reçue, & diminue ou détruiſe ſa viteſſe.* Cette loi n'eſt qu'une ſuite de la conſtitution naturelle des corps. Tout corps, en effet, eſt un être paſſif & indifférent pour toute modification quelconque. Il eſt donc incapable d'apporter par lui-même aucun changement à celles qu'il reçoit.

Seconde loi.

2°. *Le changement qui arrive au mouvement d'un corps, eſt toujours proportionné à la cauſe qui le produit.* C'eſt une ſuite néceſſaire de l'axiome général : *Tout effet eſt proportionné à ſa cauſe.*

3e. *La réaction eſt toujours égale à l'action, ou toute action eſt oppoſée à une réaction égale.* Troiſieme loi

Toute évidente que paroiſſe cette derniere loi, elle exige néanmoins quelque développement ; & pour en faire ſentir toute la force, il ne s'agit que de démontrer que tout ce qui preſſe, ou qui tire un corps, en eſt également tiré ou preſſé.

Je preſſe, par exemple, un corps avec mon doigt ; j'éprouve, en le preſſant, la même réſiſtance que j'éprouverois, ſi le corps lui-même preſſoit mon doigt avec une force égale à celle que j'exerce contre lui.

Jettons les yeux ſur un homme placé dans un bateau, où il fait effort pour amener vers lui un autre bateau ſemblable au premier, & qu'il tire avec une corde. Quoique tout l'effort du Batelier ſe dirige contre le ſecond bateau, celui-ci ne ſera pas le ſeul qui cédera. On verra les deux bateaux s'avancer l'un vers l'autre, & ſe réunir au milieu de la diſtance qui les ſéparoit, l'un, en vertu de l'effort que le Batelier fait pour l'amener, & l'autre, par la réaction qu'il éprouve de la part de celui qu'on tire.

Lorſque ces deux bateaux ſe ſeront rap-

prochés, ſi le même homme fait effort, avec un bâton, ou avec toute autre eſpece de corps, pour éloigner celui qu'il aura tiré; les deux bateaux s'éloigneront, l'un, parce qu'il ſera pouſſé, & l'autre, par la réaction du précédent, laquelle ſe dirigera contre lui: d'où il ſuit évidemment que *la réaction eſt égale à l'action.*

PARAGRAPHE SECOND.

Du mouvement composé.

Définition. (106) On entend communément par *mouvement compoſé*, celui qui eſt produit par l'action ſimultanée de pluſieurs puiſſances qui agiſſent ſous différens angles; & qui tendent toutes à porter le mobile vers différens points. Le mouvement n'eſt donc rien moins que compoſé en lui-même, mais bien dans ſes puiſſances.

Conſidération ſur cette eſpece de mouvement. Puiſque la compoſition du mouvement ne gît que dans la multiplicité des puiſſances qui animent en même-temps le mobile, ne paroît-il pas naturel de regarder comme compoſé tout mouvement produit par l'action de pluſieurs puiſſances conſpirantes au même but?

Concevons, en effet, un vaiſſeau, dont les voiles déployées ſoient pouſſées par le vent, d'occident en orient, le Pilote aſſis ſur la pouppe, que nous ſuppoſons vers l'occident, participe néceſſairement au mouvement commun qui l'entraîne avec le vaiſſeau, & il eſt alors ſenſé ſe mouvoir d'un mouvement ſimple: mais s'il vient à changer de ſituation, & s'il vient à ſe tranſporter de la pouppe à la proue, outre le mouvement commun du vaiſſeau qui le porte à l'orient, il s'en approche encore avec le mouvement qui lui eſt propre, & conſéquemment ſon mouvement vers l'orient ſe trouve alors compoſé de l'effort du vent qui le pouſſe, & de l'effort particulier qu'il fait pour s'approcher de la proue. Ces deux forces réunies & conſpirantes au même point, paroiſſent donc produire un mouvement véritablement compoſé. On le regarde cependant comme ſimple, & on ne regarde comme véritablement compoſé, que celui qui réſulte de l'action ſimultanée de pluſieurs puiſſances, dont les directions ſont diſparates. Dans ce cas, le mobile ſe prête à l'effort de chacune de ces puiſſances, & compoſe ſon mouvement des directions particulieres que chacune

de ces puiſſances tend à lui communiquer ; ce qu'on exprime ordinairement par la loi générale que voici.

Loi générale du mouvement composé.

(107) *Tout corps ſollicité à ſe mouvoir par l'action ſimultanée de pluſieurs puiſſances oppoſées à angle, prend une direction moyenne entre celles que chacune de ces puiſſances tend à lui communiquer, & il ſe meut avec une vîteſſe proportionnée aux forces qui agiſſent efficacement ſur lui.*

Ce corps, en effet, étant également indifférent pour chacune de ces puiſſances, il n'y a point de raiſon de croire qu'il ſe prête à aucune d'elles par préférence. Il doit donc ſe prêter à toutes, & il ne peut s'y prêter réellement, qu'en prenant une direction moyenne entre celles de chacune de ces puiſſances. Il doit, outre cela, recevoir toute l'intenſité de la force qui ſubſiſte dans chacune, indépendamment de leurs oppoſitions. Ces oppoſitions, en effet, n'étant point diamétrales, elles ne peuvent ſe nuire que juſqu'à un certain point, ſans détruire totalement la force avec laquelle chacune de ces puiſſances agit contre le mobile.

L'expérience juſtifie, on ne peut mieux, cette théorie ; & pour la démontrer d'une

manière plus commode & plus facile à saisir, nous ne supposerons ici que deux puissances qui agissent conjointement & à angles droits, contre un mobile. Dans cette supposition, ces puissances peuvent être égales, ou inégales.

Dans le premier cas, le mobile décrira la diagonale d'un quarré, dont les deux côtés adjacens représenteront la direction & l'intensité de chacune de ces puissances, & il la décrira précisément dans le même-temps qu'il auroit employé à parcourir l'un ou l'autre de ces côtés, si l'une ou l'autre de ces puissances agissoit solitairement contre lui.

Supposons le corps A (plan. 2, fig. 5,) sollicité à se mouvoir en même-temps selon les directions AB, AC; ce mobile parcourera alors la diagonale AD, du quarré ABDC, & il la parcourera dans le même-temps qu'il eût parcouru le côté AB, ou le côté AC du même quarré, si l'une des deux puissances qui l'animent eût agi solitairement contre lui. Plan. 2, fig. 5.

Pour rendre notre démonstration plus simple, supposons que les puissances qui maîtrisent ce mobile, agissent contre lui, de façon qu'elles le porteroient séparément en

B & en C, en un seul instant. Cela posé, si la puissance qui le sollicite en B, agissoit seule contre lui, il parviendroit en B, à la fin du premier instant ; mais tandis que cette puissance tend à le porter vers ce point, celle qui le dirige vers C, s'oppose à cet effet. Il ne peut donc satisfaire en même-temps à cette derniere, qu'il ne soit éloigné du point B, à la fin de ce même instant, autant que l'exige la puissance représentée par AC.

Pareillement si cette derniere puissance agissoit seule contre ce mobile, il parviendroit en C, à la fin du même instant; mais celle qui le sollicite vers B, agit en même-temps contre lui, & s'oppose également à ce qu'il parvienne au point C : il doit encore, pour se prêter, comme il convient, à l'action de cette derniere, se trouver, à la fin de ce même instant, éloigné du point C, autant que l'exige la puissance qui tend à le porter en B. Or, la seule extrémité D de la diagonale AD, satisfait à ces deux conditions.

Le mobile, en effet, étant arrivé en D, se trouve éloigné du point B, de la quantité BD, qui est égale à AC ; il est pareillement éloigné du point C, de la quantité DC, égale à AB : donc, à la fin d'un seul instant, le

le mobile A doit se trouver en D. Or, il ne peut parvenir à ce point D, qu'il n'ait parcouru la diagonale A D. Donc un mobile sollicité à se mouvoir par l'action simultanée de deux puissances égales, & opposées à angle droit, doit décrire la diagonale d'un quarré, dont les deux côtés adjacens représentent la direction & l'intensité des puissances qui le maîtrisent, & il doit parcourir cette diagonale, dans le même-temps qu'il eût parcouru l'un ou l'autre des deux côtés du quarré, si l'une ou l'autre de ces deux puissances eût agi solitairement contre lui.

Expérience qui démontre la loi générale du mouvement composé.

Si on se sert de l'appareil que nous avons décrit (*Descr. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *pl. V, fig.* 3), on voit, en tirant le cordon auquel le mobile est suspendu, que ce mobile est alors soumis à l'action de deux puissances égales, qui le déterminent à se mouvoir, l'une, dans une direction parallele à l'horison, & l'autre, selon une direction perpendiculaire au même horison, & on remarque, en tirant lentement le cordon, qu'il suit constamment la diagonale prise entre ces deux directions.

Vols obliques dans les spectacles.

C'est par une méchanique semblable à celle de cet appareil, qu'on exécute tous les vols

obliques dans les grands ſpectacles. Au lieu de deux fils de métal, ſur leſquels on fait rouler, dans notre machine, la poulie qui ſoutient le mobile, on ſe ſert ordinairement dans les ſpectacles, de deux cordes un peu lâches, & diſpoſées dans les toiles, parallelement à la largeur du théatre. Ces cordes étant fléxibles, le poids des enfans qu'on emploie, le mouvement qu'ils ſe donnent pendant l'opération, font qu'elles cédent, & le mouvement imite plus parfaitement le vol d'un oiſeau.

Difficulté contre cette expérience.

(108) Dans cette expérience, ainſi que dans toute autre ſemblable, les puiſſances qui déterminent le mobile à ſe mouvoir, & qui l'entraînent, ne l'abandonnent point, qu'il ne ſoit parvenu à ſa deſtination; & c'eſt peut-être un reproche, quoique mal fondé, qu'on pourroit faire contre l'exactitude de cette preuve expérimentale. Pour ne laiſſer aucun ſoupçon à cet égard, on peut confirmer la même vérité avec un appareil bien différent du premier, & dans lequel le mobile eſt mis en action par deux chocs imprimés en même-temps, à l'aide de deux marteaux diſpoſés à angles droits, & auxquels on peut communiquer la même force de percuſſion.

Autre *Expérience* qui confirme la même vérité.

Établissez une boule d'ivoire dans l'un des angles d'une espece de billard, dont nous avons donné la construction, (*Descr. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *pl. V, fig.* 4;) élevez d'abord les deux marteaux qui sont de même poids, à la même hauteur. Ils acquéreront nécessairement la même vîtesse dans leur chûte, & conséquemment, la bille étant bien disposée pour recevoir en même-temps leur impression, elle sera déterminée, avec la même force, à se mouvoir selon la largeur & selon la longueur du billard. Or, vous observerez qu'elle décrira alors la diagonale d'un quarré, tracé sur les deux directions des marteaux, abstraction faite toutefois du frottement de la bille sur le tapis.

Même vérité confirmée par l'expérience, lorsque les forces sont inégales.

(109) Si l'une des deux puissances qui animent le mobile, étoit supérieure à l'autre, il se prêteroit davantage à la premiere qu'à la seconde, & il s'y prêteroit d'autant plus, que l'intensité de cette puissance l'emporteroit davantage sur celle de sa congénere; c'est toujours une suite nécessaire de l'inactivité du mobile, & de cette indifférence naturelle, qui l'oblige à se prêter à toute action qu'on peut exercer contre lui. Il décriroit donc alors la diagonale d'un paralle-

logramme, dont les deux côtés adjacents représenteroient encore & les directions, & l'intensité de ces puissances. Veut-on confirmer cette vérité par une expérience très-facile à faire? Il ne s'agit que de replacer la bille dans le même angle, & d'élever les marteaux à des hauteurs différentes, mais qui soient telles, que celui qui la détermine à suivre la largeur du billard, lui imprime suffisamment de force, pour parvenir précisément à l'extrémité de ce côté, & l'autre à une hauteur convenable, pour qu'il la choque au point de la faire arriver précisément au bout de la longueur de ce même billard. Ces deux hauteurs étant déterminées par l'expérience, abandonnez en même-temps les deux marteaux à eux-mêmes, & vous verrez, après le choc, la bille suivre la diagonale du billard, & arriver à l'angle opposé. On ne doit point attendre une exactitude parfaite dans ces sortes de mouvemens. On sent combien le frottement sur le tapis de la table, peut apporter d'obstacle à cette précision. Mais l'expérience réussit assez bien, pour qu'on puisse en conclure que la bille prend une direction moyenne entre celles des deux puissances, & qu'elle

décrit la diagonale d'un parallelogramme, dont les deux côtés du billard forment deux côtés adjacens.

(110) Nous trouvons tous les jours des phénomenes que le Phyſicien ſeul peut ſaiſir, & qui confirment de plus en plus la certitude de la loi que nous venons d'établir par expérience. Applications de cette loi générale.

Un enfant, par exemple, preſſe entre ſes doigts un noyau de ceriſe; il s'en échappe avec vîteſſe, & il va, par un mouvement compoſé, frapper le but vers lequel il eſt dirigé. Ce noyau, placé entre le pouce & l'index, & preſſé par l'un & par l'autre, reçoit en même-temps deux impreſſions qui le porteroient, l'une à droite, & l'autre à gauche, s'il n'obéiſſoit qu'à l'une ou à l'autre ſéparément: mais cédant en même-temps aux deux, il prend une direction moyenne entre l'une & l'autre, & il va poſitivement, ſi elles ſont égales, dans la direction de la main qui le lance.

Le Batelier, qui veut traverſer la riviere, ſe garde bien de diriger ſon bateau vers le point où il veut aborder. S'il en agiſſoit ainſi, il arriveroit beaucoup plus bas, & il ſeroit obligé de revenir ſur ſes pas, à force

de rames. Il ſait, d'après l'expérience, qu'il doit remonter obliquement la riviere, & la remonter d'autant plus, qu'elle eſt plus groſſe, & qu'elle coule avec plus de vîteſſe. En la remontant ainſi, ſon bateau participe au mouvement qu'il lui imprime, ſelon la largeur de la riviere, & au mouvement que le courant lui communique, & il arrive, par une ligne oblique, au point où il aſpire.

Le poiſſon, qui ſe meut dans l'eau, la frappe du côté oppoſé à celui où il tend à ſe porter. L'eau ne cédant point aſſez promptement, lui forme un point d'appui qui lui permet de ſe tourner à droite ou à gauche. Mais s'il veut aller devant lui, il frappe, avec la plus grande célérité, de droite & de gauche, & participant alors aux deux efforts qu'il fait, il s'avance dans une direction moyenne aux deux qu'il vient de ſe donner. On remarque la même choſe dans le vol des oiſeaux & dans la marche de certains reptiles, tels que les ſerpens, les couleuvres, &c. Ils ſavent profiter habituellement des impreſſions qu'ils ſe donnent de droite & de gauche, pour ſe porter en avant.

Ce fut, ſans contredit, cette induſtrie admirable, dont la Nature gratifia les poiſ-

sons, qui donna l'idée de ces petits avirons que nous voyons artistement appliqués à de très gros bateaux, dont la riviere est assez souvent chargée. Ces avirons, continuellement agités de droite & de gauche, imitent parfaitement le mouvement de la queue d'une carpe, & produisent le même effet; ils dirigent le bateau, & ils le font aller en avant. Nous pourrions rapporter encore une multitude de phénomenes également propres à confirmer la certitude de la loi que nous venons d'établir. Mais, suffisamment démontrée, on conçoit assez manifestement qu'un corps soumis tout-à-la-fois à l'action de plusieurs puissances, se prête à l'impression de chacune, & prend une route moyenne entre celles que chacune de ces puissances tendent à lui faire suivre. C'est le principe fondamental de la théorie de la composition & de la décomposition des forces : théorie qui mérite d'être développée d'une maniere un peu plus étendue, & pour l'intelligence de laquelle la Géométrie élémentaire nous fournit les plus grands secours.

(111) Si un corps soumis à l'action simultanée de deux puissances, parcourt nécessairement la diagonale d'un quadrilatere, dont

deux côtés adjacens représentent les directions & l'intensité de ces puissances, cette diagonale représente donc parfaitement l'action de ces puissances contre le mobile, & on peut connoître facilement le chemin qu'il doit parcourir, lorsqu'il se trouve soumis tout-à-la-fois à l'action de plusieurs puissances.

De l'action de plusieurs puissances simultanées contre un mobile. Plan. 2, fig. 6.

Supposons le corps A (plan. 2, fig. 6,) sollicité à se mouvoir par l'action congénere des quatre puissances C, D, E, F; dans ce cas, il décrira la diagonale A L. Pour le démontrer, il ne s'agit que de considérer d'abord l'espace que ce corps devroit parcourir, & la vîtesse qu'il devroit avoir, s'il n'étoit soumis qu'à l'action de deux de ces puissances. Cela fait, on considérera l'action réunie de ces deux puissances, & on la représentera par la diagonale qu'on découvrira. Cette diagonale représentant exactement l'effet de ces deux puissances contre le mobile, on considérera ce que la troisieme puissance doit produire avec les deux premieres; d'où naîtra une seconde diagonale qui exprimera l'effet des trois premieres puissances; & cette diagonale servira à faire découvrir le changement que doit produire, dans la

direction du mobile, l'action réunie de la quatrieme puiſſance.

Ne conſidérons donc d'abord le mobile A, que comme ſoumis à l'action des deux puiſſances F, E; l'une qui le dirige en B, & l'autre en M. Il eſt conſtant que ce mobile parcoureroit alors la diagonale AG. Cette diagonale repréſente donc parfaitement l'action des deux puiſſances F & E, & conſéquemment elle peut ſe ſubſtituer à leur place. Conſidérons maintenant l'action ſimultanée des trois puiſſances F, E, D. Les deux premieres dirigent le mobile en G, & la troiſieme en H. C'eſt donc préciſément la même choſe que s'il n'étoit ſoumis qu'à l'action de deux puiſſances. Il doit donc parcourir la diagonale AI, & cette diagonale repréſente parfaitement l'action des trois puiſſances F, E, D. Ajoutons maintenant l'effort de la puiſſance C, qui tend à le porter vers K. Les trois premieres puiſſances étant repréſentées par AI, le mobile peut être conſidéré comme ſoumis à l'action de deux puiſſances ſeulement, dont l'une le porteroit en I, & l'autre en K. Il décrira donc, en vertu des quatre puiſſances qui l'animent en même-temps, la diagonale AL du parallelogramme AILK, comme

ſenter par les lignes CE, CF, BG & BH. Or, ces quatre efforts réunis contre le mobile, ne lui impriment que la quantité de force ſuffiſante pour arriver à l'extrémité D de la diagonale AD.

En effet, les deux actions repréſentées par CE & BG, ſont égales & diamétralement oppoſées, & conſéquemment ſe détruiſent. 1°. Elles ſont égales : les triangles ACE & DBG ſont égaux, puiſque les deux côtés AC & BD ſont égaux, & qu'ils ſont compris l'un & l'autre entre deux angles égaux. On a donc CE, égale BG. 2°. Ces deux actions ſont diamétralement oppoſées, puiſqu'elles ſont l'une & l'autre perpendiculaires ſur la même diagonale AD. Elles ſe détruiſent donc mutuellement, & il ne reſte d'action efficace contre le mobile, que celles qui ſont repréſentées par les lignes CF & BH. Or, ces deux efforts réunis, ſont parfaitement égaux à la diagonale AD. CF, en effet, égale ED; BH égale GD, comme côtés oppoſés d'un même parallelogramme. Mais GD égale AE, puiſque les triangles ACE & DBG ſont égaux : donc BH égale AE : donc CF & BH, pris enſemble, égalent la diagonale AD : donc le mobile ne

reçoit, dans la ſuppoſition préſente, qu'une force ſuffiſante pour parcourir la diagonale AD.

(113) Puiſque la diagonale d'un quadrilatere quelconque, eſt toujours plus petite que la ſomme des deux côtés adjacens de ce quadrilatere, il ſuit de cette théorie, qu'un corps mis en mouvement par deux puiſſances quelconques, & oppoſées à angle, parcourt un eſpace plus petit que celui qu'il parcoureroit, ſi les deux puiſſances qui conſpirent à le faire mouvoir, agiſſoient ſolitairement contre lui, & conſéquemment qu'il ſe perd une portion de la force dans la compoſition du mouvement, ou que *le mouvement compoſé eſt toujours plus petit que la ſomme des mouvemens compoſans.*

Corollaire I. Comparaiſon des forces compoſées, & des forces décompoſées.

Ce mouvement eſt d'autant plus petit, ou il ſe perd d'autant plus de force dans la compoſition du mouvement, que l'oppoſition des puiſſances ſe fait par de plus grands angles, & du même côté. Suppoſons, en effet, un mobile conſtitué au point A, & ſoumis tout-à-la-fois à l'action de deux puiſſances égales AB & AC, oppoſées à angle droit (plan. 2, fig. 8); ce mobile parcourera la diagonale AD du

Plan. 2, fig. 8.

quarré A B D C (107); mais ſi ces puiſſances demeurant égales, elles ſont oppoſées ſous un plus grand angle, & que leurs directions deviennent A H & A I, le mobile ne parcourera alors que la diagonale A K, plus petite que A D; ce qui paroît évidemment après avoir achevé le parallelogramme A H K I. Au contraire, il parcourera une ligne plus grande que la premiere A D, ſi les deux puiſſances, demeurant encore les mêmes, elles ſont oppoſées ſous un angle beaucoup plus petit que le premier. Suppoſons, par exemple, que leurs directions ſe changent en A E & A F; en achevant de conſtruire le parallelogramme A E G F, on verra que le mobile parcourera la diagonale A G, plus grande que la premiere A D. Plus, en effet, les angles ſeront grands, plus les puiſſances approcheront de l'oppoſition diamétrale, & plus elles ſe nuiront les unes aux autres. Plus, au contraire, l'angle ſera petit, moins elles ſe nuiront, parce qu'elles approcheront davantage de l'action des puiſſances qui conſpireroient au même but.

Corollaire II. (114) Il ſuit encore de cette théorie, qu'il ſera facile de déterminer la grandeur de l'eſpace que doit parcourir un mobile, mis

en mouvement par l'action simultanée de deux puissances, lorsqu'on connoîtra la vîtesse que ce mobile reçoit de chacune de ces puissances, & lorsqu'on connoîtra l'angle que l'opposition de ces puissances doit former. Supposons que la vîtesse imprimée au mobile par chacune de ces puissances, soit représentée par les lignes AB, AC, (plan 2, fig. 9,) & que l'angle formé par les directions de ces puissances, soit PAQ, dont le supplément est QAB, égale ABD, compris entre les lignes données AB, AC, ou son égale BD. On connoîtra donc la longueur de la diagonale AD, à l'aide de la trigonométrie, & on se servira de la regle suivante, pour y parvenir: *comme la somme de deux côtés est à leur différence, de même la tangente de la demi-somme des angles cherchés, est à la tangente de la demi-différence.* Cette demi-différence étant ajoutée à la demi-somme, donnera le plus grand angle: elle donnera, au contraire, le plus petit angle, si on la soustrait de cette même demi-somme. Nous n'insisterons point sur cet objet, quelque curieux qu'il soit: il n'est point du ressort d'un Ouvrage élémentaire.

Plan. 2, fig. 9.

ARTICLE SECOND.

De la communication du mouvement.

(115) Lorſqu'un corps en mouvement rencontre ſur ſon paſſage un autre corps quelconque, de quelqu'eſpece qu'il ſoit, il le choque ; & ſi cet obſtacle eſt ſuſceptible d'être déplacé, il le tranſporte avec lui ; en vertu de la force qu'il lui communique, priſe aux dépens de la ſienne : mais ſi cet obſtacle eſt invincible, la réſiſtance qu'il fait éprouver au mobile, détruit toute la force de ce dernier, & on obſerve alors nombre de phénomenes dont nous parlerons ailleurs.

Dans le premier cas, le choc peut ſe faire entre des corps durs, ou entre des corps mous, ou enfin entre des corps élaſtiques. De quelque eſpece qu'ils ſoient, il n'en eſt aucun dans la Nature qui ſoit parfaitement dur, parfaitement mou, ou parfaitement élaſtique. Mais il eſt important de faire abſtraction de ce qui manque à la perfection de l'état dans lequel on les conſidere, & de les ſuppoſer parfaitement durs, mous, ou élaſtiques,

Suppoſitions néceſſaires pour démontrer, par expériences, les loix de la communication du mouvement.

tiques, afin d'établir des loix générales pour le choc de ces trois eſpeces de corps. Sans cette précaution, on ſeroit obligé d'étudier ces loix en particulier, & relativement au degré de dureté, de molleſſe, ou de reſſort, dont les corps ſeroient pourvus. C'eſt également pour éviter toute complication dans cette matiere, que le Phyſicien eſt encore obligé de faire abſtraction de la réſiſtance des milieux dans leſquels les corps ſe choquent, & qu'il ne doit point tenir compte des frottemens qu'ils peuvent éprouver, lorſque, ſuſpendus à des fils, ou ſe mouvant ſur des plans, ils vont à la rencontre les uns des autres, & qu'ils ſe choquent. Mais pour diminuer, autant qu'il eſt poſſible, l'influence de ces deux obſtacles, il doit choiſir, pour ces ſortes de corps, la forme la plus convenable, celle qui préſente moins de ſurface au milieu, & conſéquemment celle qui éprouve moins de réſiſtance, toutes choſes égales d'ailleurs : auſſi donne-t-on communément aux corps qu'on deſtine à ces ſortes d'expériences, une forme ſphérique. C'eſt également pour la même raiſon, & pour diminuer la réſiſtance qui peut venir du frotte-

ment, qu'on a ſoin de les ſuſpendre à des fils très-déliés.

Ce ſera avec ces précautions que nous répéterons nos expériences, ayant ſoin de faire obſerver proviſoirement, que nos réſultats ne pourront être abſolument conformes à la théorie que nous établirons, puiſque nous ſuppoſerons toujours ces corps dans un état de préciſion que nous ne pouvons leur donner, & qui ne peut exiſter dans l'état préſent des choſes.

Nous ne prendrons pour ſujets de nos expériences, que des corps mous & des corps à reſſort, parce que les effets du choc étant les mêmes entre des corps durs & des corps mous, il ſuffit de ſoumettre à l'expérience l'une ou l'autre de ces deux eſpeces, pour déterminer ce qui doit ſe paſſer dans l'une & dans l'autre; mais nous donnons la préférence aux corps mous, parce qu'ils approchent davantage du degré de perfection que nous ſuppoſons dans les corps; non, à la vérité, en ce qui concerne la molleſſe, comparée à la dureté de ceux dont nous pourrions faire uſage, mais en ce que les corps mous étant dépourvus ſenſiblement de reſ-

ſort, ce qui ne ſe rencontre jamais dans les corps durs, les réſultats des expériences s'éloignent moins de la théorie. Nous diviſerons donc cet article en deux paragraphes. Nous traiterons dans le premier, des loix du choc entre des corps mous, & dans le ſecond, de l'élaſticité & des loix du choc entre des corps élaſtiques. Ce ſont ces loix qu'on connoît en Phyſique ſous le nom de *loix des colliſions.*

Diviſion de cet article.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des loix du choc entre des corps mous.

(116) Quoique les corps durs & les corps mous ſoient ſoumis aux mêmes loix dans leurs colliſions, quant à ce qui concerne, après le choc, le tranſport du corps choquant & du corps choqué, on remarque néanmoins une différence très-ſenſible dans la maniere ſelon laquelle le mouvement ſe tranſmet entre les uns & les autres.

Différence qu'on obſerve dans la communication du mouvement entre des corps durs & des corps mous.

On remarque, en effet, que le choc s'opere, & que le mouvement ſe communique en un inſtant entre des corps durs, & qu'il exige pluſieurs inſtans conſécutifs pour s'opérer entiérement entre des corps mous. La raiſon de ce phénomene ſe préſente natu-

rellement à l'eſprit : elle eſt fondée ſur la nature de ces deux eſpeces de corps.

Lorſque les corps ſont parfaitement durs, tels que nous les ſuppoſons ici, leurs parties ſont tellement adhérentes entre elles, qu'elles ne peuvent céder ſéparément au choc, ou à la force qui tend à les déplacer (9). Toute la maſſe du corps cede donc en même-temps à l'impreſſion du choc, & le corps choqué, obéiſſant à l'effort du corps choquant, ſe déplace entiérement au moment où il eſt choqué. Il n'en eſt pas ainſi d'un corps mou, dont les parties n'ont que très-peu d'adhérence entre elles (9). Elles cedent les unes après les autres, & ſucceſſivement, à l'effort du choc ; de ſorte que le corps choqué ne ſe déplace, pour ainſi dire, que par degrés, & il n'eſt entiérement déplacé, que lorſque toutes ſes parties ont reçues l'impreſſion totale du corps choquant. On peut ſe convaincre aiſément de cette vérité, par l'expérience que voici.

Expérience qui prouve que le mouvement ſe communique progreſſivement dans les corps mous.

Suſpendez à des fils très-déliés, & d'une certaine longueur, deux billes faites d'une matiere molle, telle, par exemple, que de la terre-glaiſe : diſpoſez-les de maniere qu'elles ſe touchent, & que leurs centres ſoient rangés

dans le même plan parallele à l'horiſon. Tirez-en une de ſon à-plomb, & laiſſez-la enſuite tomber d'une certaine hauteur ſur l'autre. Vous obſerverez, après le choc, que ces deux billes ſe feront applaties dans l'endroit où elles ſe feront choquées.

Cette dépreſſion n'eſt-elle pas la marque la moins équivoque que les parties de ces billes n'ont cédé que ſucceſſivement à l'impreſſion du choc? N'indique-t-elle pas manifeſtement que les parties qui ſe ſont trouvées en contact, ſe ſont portées vers leurs centres particuliers? Mais s'approcher d'un centre, n'eſt-ce pas parcourir un certain eſpace? & quelque petit qu'on le ſuppoſe, ne faut-il pas un temps fini & déterminé pour le parcourir? Quelque petite qu'on ſuppoſe encore la durée de ce temps, elle eſt néceſſairement ſucceſſive. L'altération dans la figure de ces ſortes de corps, ne s'opere donc que ſucceſſivement; & comme cette altération n'eſt que l'effet immédiat de la communication du mouvement, cette communication entre des corps mous, ne ſe fait donc elle-même que ſucceſſivement & par degrés.

(117) Si le mouvement ſe communique différemment entre des corps durs & des

corps mous qui ſe choquent, les effets de cette communication ſont néanmoins les mêmes pour les uns & pour les autres. La force du corps choquant ſe diſtribue ſelon le rapport des maſſes, & les deux corps, le choquant & le choqué, ſe meuvent après le choc, l'un avec la vîteſſe qu'il a conſervée, & l'autre avec celle qu'il a reçue.

Pour répéter ces ſortes d'expériences, on ſe ſert d'une machine à laquelle on a conſervé le nom de *machine de Mariotte*, non parce qu'elle reſſemble à celle dont ce célebre Académicien fit anciennement uſage, mais pour conſerver à l'Auteur de cette machine la gloire de ſon invention. La nôtre eſt beaucoup plus commode & plus propre à l'exactitude qu'on peut deſirer dans ces ſortes d'expériences. Nous l'avons décrite dans notre Ouvrage intitulé (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. V*, *fig.* 5, 6.)

Diviſion générale, pour examiner avec ordre le choc des corps.

(118) Pour examiner avec ordre les loix du choc entre des corps de toute eſpece, nous conſidérerons que ce choc peut ſe faire entre des corps de même maſſe, ou entre des corps dont les maſſes ſont différentes. Dans l'un & dans l'autre cas, le corps choqué peut être en repos ou en mouvement. Dans cette

derniere ſuppoſition, il peut ſe mouvoir dans la direction du corps choquant, ou dans une direction contraire à celle de ce dernier. Tel eſt l'ordre que nous ſuivrons pour examiner les loix du choc, & entre des corps mous dont nous allons parler, & entre des corps à reſſort, qui feront l'objet du paragraphe ſuivant.

PREMIERE LOI.

Premiere loi du choc entre des corps mous.

(119) *Lorſqu'un corps mou rencontre ſur ſon paſſage un corps de même eſpece, égal ou inégal en maſſe, ſoit que ce dernier ſoit en repos ou en mouvement, pourvu qu'ils ſe meuvent l'un & l'autre ſelon la même direction, le corps choquant communique à celui qu'il choque, une partie ſuffiſante de ſa force, pour que l'un & l'autre, après le choc, ſe meuve avec la même viteſſe.*

Tout corps en mouvement qui rencontre ſur ſon paſſage un autre corps qui lui fait obſtacle, ne peut continuer à ſe mouvoir, qu'il ne déplace cet obſtacle, & conſéquemment qu'il ne lui imprime une partie de la force qui l'anime. C'eſt un principe univerſellement reçu. Reſte à démontrer

maintenant qu'il doit lui en communiquer une portion ſuffiſante, pour que l'un & l'autre ſe meuve, après le choc, avec la même vîteſſe.

Le mouvement ne ſe tranſmet que ſucceſſivement entre des corps mous (116); par conſéquent, tant que le corps choquant ſe meut plus vîte que le corps choqué, celui-ci continue à lui faire obſtacle. Le corps choquant lutte donc encore contre lui, & continue à lui communiquer une certaine portion de ſa force, ce qui rallentit d'autant ſa vîteſſe, & augmente à proportion celle du corps choqué. Mais dès que ce dernier eſt parvenu à ſe mouvoir auſſi vîte que celui qui le choque, il ceſſe de lui faire obſtacle, & ils ſe meuvent l'un & l'autre avec la même vîteſſe.

Corollaire. (120) Il ſuit de-là, que dans ces ſortes de corps, le mouvement du corps choquant ſe diſtribue ſelon le rapport des maſſes.

Les deux corps, en effet, doivent ſe mouvoir, après le choc, avec la même vîteſſe (119); mais pour mouvoir également vîte deux corps dont les maſſes ſont différentes, on conçoit qu'il faut employer plus de force, pour mouvoir la plus grande, & que cet

excès de force doit être proportionné à l'excès de la plus grande ſur la plus petite des deux maſſes, puiſque la force imprimée à un corps ſe diſtribue uniformément à toutes les parties de ce corps (103). La force du corps choquant doit donc ſe partager, dans le choc, ſuivant le rapport de ſa maſſe à celle du corps choqué.

SECONDE LOI.

(121) *Après le choc entre deux corps mous, égaux ou inégaux en maſſe, dont l'un eſt en repos, ou qui ſe meuvent tous les deux ſelon la même direction, on retrouve la même quantité de mouvement qui ſubſiſtoit dans le corps choquant, ou dans le corps choquant & le corps choqué pris enſemble.* Seconde loi.

Tout déchet qui ſurvient par le choc, dans la force du corps choquant, ne s'opere qu'en faveur du corps choqué, dans lequel on retrouve toute la force que le premier a conſommée pour le déplacer. La quantité de mouvement doit donc demeurer la même après le choc.

(122) On concevra facilement, d'après l'expoſition de ces loix, les réſultats des ex-

périences que nous allons indiquer ; mais pour les développer plus commodément, nous croyons devoir faire obſerver le principe que voici.

Obſervation néceſſaire pour l'intelligence des expériences ſuivantes.

Un corps élevé à une certaine hauteur au-deſſus de la ſurface de la terre, & abandonné enſuite à lui-même, accélere ſon mouvement en tombant, & acquiert, pendant ſa chûte, une quantité de mouvement ſuffiſante, pour remonter à la même hauteur.

Nous démontrerons la vérité de cette propoſition, qui fait la baſe de la théorie des jets d'eau, lorſque nous traiterons de la peſanteur. Qu'il ſuffiſe maintenant de la confirmer par expérience, pour en faire enſuite l'application dans les expériences ſuivantes.

Expérience qui démontre qu'un corps qui tombe, acquiert aſſez de force, pendant ſa chûte, pour remonter à la même hauteur.

Suſpendez un corps peſant, ſuppoſons l'une des boules de terre-glaiſe, dont nous avons parlé précédemment ; ſuſpendez-la à l'extrémité d'un des fils de la machine de *Mariotte*, & diſpoſez les regles de cette machine, de façon que le zéro de leur graduation réponde au centre de cette bille. Tirez-la alors de ſon à-plomb, & faites-lui décrire un arc de cercle d'un certain nombre de degrés, ſuppoſons de ſix ; abandonnez-la à elle-même : elle décrira le même arc en deſ-

cendant ; mais elle ne demeurera pas en repos, lorſqu'elle ſera parvenue au point le plus bas de ſa ſuſpenſion. Vous la verrez remonter en ſens contraire, & meſurer un arc de ſix degrés. Vous vous aſſurerez de ce fait, en plaçant vis-à-vis la ſixieme graduation, l'index dont nous avons parlé dans la deſcription de la machine de *Mariotte*.

Si elle n'arrive pas préciſément à la hauteur de cette ſixieme graduation, la différence ſera très-petite, & on ne pourra l'attribuer qu'à la réſiſtance de la maſſe d'air que la bille eſt obligée de traverſer, & au frottement qu'elle éprouve à ſes points de ſuſpenſion. Supprimez, s'il étoit poſſible, ces deux réſiſtances, & vous la verrez remonter exactement à la ſixieme graduation, & vous aurez le mouvement perpétuel.

On conçoit, en effet, que ſi cette boule, en tombant de la hauteur du premier arc qu'on lui fait décrire, acquiert, par ſa chûte, aſſez de force pour remonter à la hauteur d'où elle vient, elle acquérera encore la même force en deſcendant de cette hauteur, & que ſi rien ne s'oppoſe au mouvement qu'elle acquiert, chaque fois qu'elle deſcend, elle décrira conſtamment les mêmes arcs, &

ſon mouvement perſévérera éternellement. Mais comme elle ne parvient point exactement, dès la premiere fois qu'elle deſcend, à la hauteur à laquelle on l'avoit élevée en ſens contraire, l'amplitude de ſes vibrations doit diminuer à chaque fois, & elle doit conſéquemment demeurer en repos, après un certain nombre de vibrations.

Ce principe une fois connu, on ſaiſira facilement le développement des phénomenes que nous allons faire obſerver.

Expérience. Choc entre des maſſes égales, l'une étant en repos.

(123) Suppoſons donc maintenant qu'on ſuſpende, aux extrémités de deux fils de la machine de *Mariotte*, deux boules de terre-glaiſe, égales en maſſes, & que ces boules, étant placées dans le même plan, on en laiſſe une en repos, pour élever l'autre par un arc d'un certain nombre de degrés, ſuppoſons de ſix; ſi on abandonne cette bille à elle-même, elle rencontrera dans le point le plus bas de ſa ſuſpenſion, celle qui eſt en repos: elle la choquera, & on remarquera, après le choc, qu'elles ſe mouveront l'une & l'autre dans la direction du corps choquant, & qu'elles parcoureront enſemble un arc de trois degrés.

Si la bille choquante n'eût point trouvé

d'obſtacle, parvenue au point le plus bas de ſa ſuſpenſion, elle fût remontée en ſens contraire, & elle eût meſuré un arc de ſix degrés (122) ; car nous faiſons ici abſtraction, comme nous l'avons déja fait précédemment, du déchet qu'elle éprouve dans ſon mouvement, & par la réſiſtance du milieu, & par le frottement. Mais cette boule rencontre une maſſe en repos, & qui lui eſt égale : elle ne peut donc la déplacer, & lui communiquer une vîteſſe égale à la ſienne, qu'elle ne lui communique la moitié de la force dont elle jouit (120). L'une & l'autre, après le choc, ne ſont donc pourvues que de trois degrés de force, avec leſquels elles meſurent conjointement un arc de trois degrés.

On peut également démontrer que la quantité de mouvement eſt encore la même, après le choc, qu'elle étoit avant le choc. En prenant, en effet, comme on le doit, les maſſes de ces billes pour l'unité, puiſqu'elles ſont égales, on avoit, avant le choc, une maſſe comme un, munie d'une vîteſſe comme ſix, ce qui produiſoit ſix degrés de force, ou de quantité de mouvement. Après le choc, on n'a plus, à la vérité, qu'une vîteſſe comme trois ; mais la maſſe eſt alors comme deux.

Or, deux degrés de maſſe, multipliés par trois degrés de vîteſſe, donnent également ſix degrés de force (103).

Expérience. Choc entre les mêmes maſſes, mues dans le même ſens.

(124) Suppoſons encore que les maſſes reſtant les mêmes, ces deux billes ſoient en mouvement, ſelon la même direction. Elevons, par exemple, la bille choquante par un arc de ſix degrés, & la bille choquée par un arc de deux ſeulement. Après le choc, elles continueront à ſe mouvoir, ſelon la même direction, & elles meſureront un arc de quatre graduations.

La bille choquante n'atteint ici, & elle ne frappe celle qu'elle rencontre, que par ſon excès de vîteſſe, puiſque ſi elles ſe mouvoient également vîte, elles ne ſe rencontreroient point, & il ne ſe feroit aucun choc. C'eſt donc préciſément la même choſe que ſi la bille choquante n'étoit pourvue que de quatre degrés de vîteſſe, excès de ſix ſur deux, & que ſi la bille choquée étoit en repos. Or, comme elles ſont égales en maſſe, la bille choquante communique à celle qu'elle rencontre la moitié de la force avec laquelle elle la choque (123), c'eſt-à-dire, deux degrés, moitié de quatre : la bille choquée continuera donc à ſe mouvoir avec deux

nouveaux degrés de force, & conſéquemment avec quatre. Pareillement la bille choquante n'ayant perdu que deux degrés des ſix qui l'animoient avant le choc, en conſervera encore quatre, avec leſquels elle continuera à ſe mouvoir dans le même ſens. Elles meſureront donc l'une & l'autre un arc de quatre degrés.

Nous retrouvons encore ici la même quantité de mouvement après le choc. La ſomme des forces avant le choc, étoit égale à huit, ſomme faite d'une force comme ſix dans la bille choquante, réunie à une force comme deux dans la bille choquée. Or, après le choc, chaque bille ayant quatre degrés de force, la ſomme des deux forces eſt encore égale à huit.

(125) Pour réunir, ſous un même point de vue, tout ce qui a rapport aux loix que nous avons établies précédemment, ſuppoſons maintenant que les maſſes ſoient inégales; que l'une, par exemple, ſoit double de l'autre. Dans cette ſuppoſition, la maſſe du corps choquant peut être plus grande ou plus petite que celle du corps choqué. Or, les principes, développés ci-deſſus, ſuffiront encore pour rendre raiſon des phénomenes

qu'on peut obſerver dans ces deux circonſtances.

Expérience. Choc entre des maſſes inégales, la plus petite étant en repos.

Suppoſons, 1°. qu'on éleve la maſſe comme deux, par un arc de ſix degrés, & qu'on laiſſe la maſſe comme un en repos. On remarquera, après le choc, qu'elles parcoureront l'une & l'autre un arc de quatre degrés, ſelon la direction du corps choquant.

Ces maſſes étant dans le rapport de deux à un, nous conſidérerons la premiere comme faiſant les deux tiers d'un tout, dont la plus petite ne fait que le tiers; ce qui nous donnera plus de facilité pour développer le réſultat de cette expérience & des ſuivantes.

Cela poſé, la maſſe comme deux, élevée par un arc de ſix degrés, eſt cenſée acquérir ſix degrés de vîteſſe. Sa force eſt donc comme douze, produit de ſix par deux. C'eſt donc avec douze degrés de force qu'elle vient frapper la bille qui eſt en repos, & à laquelle elle doit communiquer une vîteſſe égale à la ſienne, après le choc (119). Mais pour mouvoir également vîte deux corps inégaux en maſſe, il faut que la force du corps choquant ſe diſtribue ſelon le rapport des maſſes (120). La bille choquante ne doit donc communiquer à celle qu'elle rencontre,

rencontre, que le tiers de ſa force, puiſque celle-ci n'eſt que le tiers d'un tout, dont la bille choquante fait les deux tiers. Elle ne lui communiquera donc, dans le choc, que quatre degrés de force, des douze qui l'animent. Mais ces quatre degrés, tranſmis à une maſſe comme un, lui imprimeront quatre degrés de vîteſſe. Ainſi la bille choquée ſe mouvra, après le choc, dans la direction de la bille choquante, avec quatre degrés de vîteſſe, & elle meſurera un arc de quatre graduations.

La bille choquante conſervant, après le choc, huit degrés de force, ne ſe mouvra également qu'avec quatre degrés de vîteſſe, puiſque huit degrés de force, appliqués à une maſſe comme deux, ne produiſent que quatre degrés de vîteſſe. Elle meſurera donc pareillement un arc de quatre graduations.

Si on fait encore ici l'addition des forces, après le choc, on les trouvera égales à celles qu'on a remarquées avant le choc. Nous avons, en effet, obſervé qu'elles étoient égales à douze, produit de ſix degrés de vîteſſe par deux de maſſe. Or, après le choc, la ſomme des maſſes eſt égale à trois, & la vîteſſe commune eſt comme quatre. On aura donc encore le même produit douze,

en multipliant la vîteſſe quatre par la maſſe trois.

Expérience. Choc entre des maſſes inégales, la groſſe maſſe étant en repos.

Suppoſons, 2°. qu'on laiſſe la maſſe double en repos, & qu'on éleve la petite par un arc de ſix degrés; on les verra l'une & l'autre, après le choc, parcourir un arc de deux degrés.

La bille choquante n'ayant qu'un ſeul degré de maſſe, & ſix de vîteſſe, n'aura que ſix degrés de force : mais elle eſt ſuppoſée rencontrer une maſſe double qui s'oppoſe à ſon paſſage : elle lui communiquera donc les deux tiers de ſa force, c'eſt-à-dire, quatre degrés, & elle n'en conſervera que deux après le choc. Mais quatre degrés de force, tranſmis à une maſſe comme deux, ne produiſent que deux degrés de vîteſſe (103). Ces deux billes ne pourront donc ſe mouvoir, après le choc, qu'avec deux degrés de vîteſſe.

Si on multiplie cette vîteſſe commune deux, par la ſomme des maſſes trois, le produit ou la quantité de mouvement ſera égale à ſix, telle qu'elle étoit avant le choc, ou une maſſe comme un, jouiſſoit de ſix degrés de vîteſſe.

(126) Si on conſidere maintenant ces

mêmes effets, le corps choquant & le corps choqué étant l'un & l'autre en mouvement, les résultats seront également conformes aux loix que nous avons exposées ci-dessus.

Expérience. Choc entre des masses inégales, toutes les deux en mouvement, la plus grosse faisant l'office du corps choquant.

Elevons, 1°. la masse comme deux, par un arc de cinq degrés, par exemple, ce qui rendra le calcul plus commode à faire & à saisir : élevons pareillement la masse comme un, par un arc de deux degrés. Elles se mouvront l'une & l'autre, après le choc, selon la même direction, & elles mesureront un arc de quatre degrés.

La bille choquante n'atteignant ici celle qu'elle choque, que par son excès de vîtesse trois, doit produire sur elle le même effet qu'elle produiroit si elle n'étoit animée que de trois degrés de vîtesse, ou de six degrés de force (103), & qu'elle rencontrât la bille choquée en repos. Elle ne lui communique donc que deux degrés de sa force ; ce qui lui fait perdre un degré de vîtesse commune, & la réduit, après le choc, à quatre degrés de vîtesse. Mais les deux degrés de force qu'elle imprime à la bille choquée, dont la masse est comme un, produisent deux degrés de vîtesse, lesquels étant ajoutés aux deux dont cette bille jouissoit avant le choc,

la font mouvoir, après le choc, avec quatre degrés de vîteſſe. Elles doivent donc l'une & l'autre meſurer, après le choc, un arc de quatre graduations.

Expérience. Même ſuppoſition, la plus petite maſſe faiſant l'office de corps choquant.

Elevons, 2°. la maſſe comme un, par un arc de cinq degrés, & la maſſe comme deux, par un arc de deux degrés; elles parcoureront, après le choc, un arc de trois degrés.

La bille choquante n'atteint encore ici celle qu'elle choque, que par ſon excès de vîteſſe trois. Elle ne la choque donc qu'avec une force comme trois, puiſque ſa maſſe étant égale à un, ſa force n'eſt pas différente de ſa vîteſſe (103). Mais elle ne lui communique, dans ce choc, que les deux tiers de la force avec laquelle elle la choque (120). Elle lui communique donc deux degrés de force, qui ne lui impriment néanmoins qu'un ſeul degré de vîteſſe commune, puiſque ces deux degrés de force ſe diſtribuent à une maſſe comme deux (103). La vîteſſe de la bille choquée ne ſe trouve donc augmentée que d'un ſeul degré. Elle ne peut donc ſe mouvoir, après le choc, qu'avec une vîteſſe de trois degrés. La bille choquante ſe trouve pareillement réduite à trois degrés de vî-

teſſe, après le choc, puiſqu'elle vient d'en communiquer deux des cinq dont elle étoit animée avant le choc.

Nous ne nous arrêterons point à faire obſerver encore que la quantité de mouvement ſubſiſte toujours la même après le choc, puiſque dans ces deux derniers cas, comme dans les précédens, la force perdue par le corps choquant, ſe retrouve entiérement dans le corps choqué.

Si les corps dont nous avons fait uſage dans ces expériences, ſe mouvoient en ſens contraire, les réſultats du choc ſe trouveroient aiſément, d'après l'intelligence des regles ſuivantes.

TROISIEME LOI.

Troiſieme loi, lorſque les corps ſont mus en ſens contraire.

(127) *Lorſque deux corps mous ſe meuvent en ſens contraire, ils demeurent en repos après le choc, ou ils ſe meuvent dans la direction du plus fort, avec l'excès de force de ce dernier, diſtribué ſelon le rapport des maſſes.*

Deux corps de cette eſpece, mus en ſens contraire, ſe meuvent néceſſairement avec des forces égales, ou avec des forces inégales.

Dans le premier cas, ils demeurent en repos après le choc, puiſque l'un & l'autre conſomme toute ſa force à lutter & à détruire celle de ſon antagoniſte, qui tend à le repouſſer en arriere.

Dans le ſecond cas, le plus foible perd toute la ſienne, & le plus fort perd une ſemblable portion de celle qui l'anime. Il doit donc arriver préciſément la même choſe que ſi le plus foible étant en repos, le plus fort agiſſoit contre lui, avec l'excès de force qu'il conſerve après le choc : ils doivent donc l'un & l'autre ſe mouvoir, après le choc, ſelon la direction du plus fort, avec l'excès de force de ce dernier, diſtribué ſelon le rapport des maſſes.

QUATRIEME LOI.

Quatrieme loi.

(128) *La quantité de mouvement qui ſubſiſte après le choc, entre deux corps mous, qui ſe meuvent en ſens contraire, eſt toujours égale à la différence des forces avant le choc.*

Lorſque les forces ſont égales, la différence eſt nulle, & les corps reſtent en repos (127). La quantité de mouvement qui ſubſiſte,

après le choc, eſt pareillement nulle, & devient égale à zéro. Lorſque les forces ſont inégales, on ne trouve, après le choc, que l'excès de la force du plus fort, diſtribuée ſelon le rapport des maſſes. La quantité de mouvement eſt donc égale à cet excès, ou à la différence des forces avant le choc.

Expérience. Choc entre deux maſſes égales qui ſe meuvent en ſens contraire, avec des vîteſſes égales.

(129) Suppoſons, 1°. des maſſes égales, élevées à des hauteurs égales de part & d'autre; leurs forces ſeront égales, puiſque les maſſes & les vîteſſes ſont égales (103). Si on les abandonne en même-temps à elles-mêmes, elles ſe choqueront dans le point le plus bas de leur ſuſpenſion, & elles demeureront en repos après le choc; c'eſt-à-dire, qu'elles n'auront aucun mouvement de tranſlation de droite ou de gauche; car on ne peut éviter un certain mouvement de titubation qui dépend des fils auxquels ces corps ſont ſuſpendus.

Expérience. Choc entre les mêmes maſſes mues en ſens contraire, avec des vîteſſes inégales.

Suppoſons, 2°. que les maſſes étant encore égales, elles ſe meuvent avec des vîteſſes inégales. Elevons l'une de ces billes par un arc de deux graduations, & l'autre en ſens contraire, par un arc de ſix. On les verra ſe mouvoir, après le choc, ſelon la direction de cette derniere, & meſurer un arc de deux graduations.

Les maſſes étant égales, leurs forces ſont entre elles comme leurs vîteſſes (104). La plus foible perdra donc toute ſa force, tandis que la plus groſſe maſſe, ne perdant que deux degrés de la ſienne, en conſervera quatre, avec leſquels elle luttera contre celle qu'elle aura réduite au repos; ce qui retombe dans la premiere ſuppoſition (123). La force de cette derniere ſe diſtribuera donc par la moitié, & elles parcoureront l'une & l'autre, après le choc, un arc de deux degrés.

La quantité de mouvement, après le choc, ſera réduite à quatre degrés, produit de deux degrés de maſſe, par deux degrés de vîteſſe commune. Elle ſera donc égale à la différence des forces avant le choc.

Expérience. Choc entre des maſſes inégales mues en ſens contraire, avec des vîteſſes réciproques aux maſſes.

Suppoſons, 3°. des maſſes inégales, mais dont les vîteſſes ſoient en raiſon réciproque de ces maſſes, c'eſt-à-dire, que l'excès de la vîteſſe de la plus petite, compenſe l'excès de maſſe de la plus grande. Dans ce cas, les forces ſeront encore égales (104). Les deux billes demeureront donc en repos après le choc. C'eſt ce qu'on remarquera, ſi on éleve par un arc de quatre degrés, par exemple, une bille dont la maſſe ſeroit égale à un, & par un arc de deux graduations, priſes en

ſens contraire, une bille dont la maſſe ſeroit égale à deux.

Dans ce cas, la différence des forces eſt nulle, avant & après le choc.

Expérience. Choc entre des maſſes inégales mues en ſens contraire, avec des vîteſſes égales.

Suppoſons, 4°. que les maſſes demeurant encore inégales, les vîteſſes ſoient égales. Elevons par un arc de même nombre de degrés, les deux billes précédentes, dont les maſſes ſont dans le rapport de deux à un. Elevons-les, par exemple, par un arc de ſix degrés : on les verra ſe mouvoir, après le choc, dans la direction de la plus groſſe maſſe, & parcourir conjointement un arc de deux degrés.

Les vîteſſes étant égales, les forces ſont entre elles comme les maſſes (104). La force de la petite n'eſt point effectivement différente de ſa vîteſſe ſix, & la force de la groſſe eſt égale à douze (103). Toute la force de la petite périt donc dans le choc, tandis que la groſſe conſerve ſix degrés de la ſienne, avec leſquels elle lutte contre la premiere. Or, cette force ſe diſtribuant ſelon le rapport des maſſes (120), la groſſe communique deux degrés des ſix qu'elle conſerve, & elle repouſſe la petite en arriere, avec deux degrés de force, qui la font mouvoir avec deux

degrés de vîteſſe. La groſſe ne jouiſſant plus alors que de quatre degrés de force, ne continue pareillement à ſe mouvoir qu'avec deux degrés de vîteſſe (103). L'une & l'autre ſe meut donc, après le choc, dans la direction de la plus groſſe, & elles parcourent conjointement un arc de deux degrés.

Dans cette derniere ſuppoſition, la différence des forces, avant le choc, étoit égale à ſix, excès de douze ſur ſix. Or, après le choc, la quantité de mouvement ſe trouve égale à ſix, produit de deux degrés de vîteſſe commune, multipliée par trois de maſſe.

Il nous reſteroit encore bien des obſervations à faire, ſur-tout ſur le choc oblique des corps. Mais nous ne nous ſommes point propoſés de traiter cette matiere ſelon toute ſon étendue, dans un Ouvrage purement élémentaire. Nous n'avons voulu qu'établir les principes généraux du choc des corps; faire preſſentir à nos Lecteurs l'importance de cet objet, & leur inſpirer le goût de ſuivre plus particulierement ces ſortes de recherches. Nous renverrons même en notes quelques formules générales, dont ils pourront s'aider, s'ils veulent connoître ſur le

champ, & ſans une analyſe réfléchie, tous les réſultats qui pourroient avoir rapport à des expériences du même genre que celles que nous venons de développer (note 3). Note

PARAGRAPHE SECOND.

De l'élaſticité & des loix du choc entre des corps à reſſort.

(130) On entend par *élaſticité*, ou par reſſort dans un corps, cette propriété qui fait que ce corps étant comprimé ou diſtendu, ſe rétablit dans ſon premier état, ſitôt que la force compreſſive ou diſtenſive ceſſe d'agir contre lui. Définition.

On peut donc, en général, exciter la vertu élaſtique d'un corps, de deux manieres; par compreſſion & par diſtenſion. La premiere de ces deux manieres a lieu dans le choc des corps. La ſeconde ſe fait ſpécialement remarquer dans les cordes d'inſtrumens qu'on tiraille, qu'on allonge, ſoit en y ſuſpendant des poids, ſoit en les roulant plus ou moins ſur des chevilles deſtinées à les contenir & à leur faire prendre le degré de tenſion qu'elles doivent avoir. Elle ſe fait encore particuliere-ment remarquer dans l'économie animale, Différentes manieres de mettre en jeu la force élaſtique.

Les fibres des animaux ſont continuellement diſtendues & tiraillées par les fluides qui circulent dans les cavités qu'elles forment. Leur force élaſtique y eſt continuellement miſe en jeu, & offre au Phyſicien une multitude de phénomenes plus curieux les uns que les autres (note 4). On pourroit encore ajouter ici une troiſieme maniere, mais moins générale, d'exciter cette vertu dans un corps. Elle ſe décelera plus ou moins manifeſtement, ſi on vient à écarter ſes parties par l'interpoſition d'un fluide étranger. C'eſt ainſi, par exemple, que le feu, ou la matiere ignée, s'inſinuant entre les molécules de l'air, les écarte les unes des autres, bande le reſſort de ce fluide, & augmente ſon élaſticité naturelle.

Note 4.

L'élaſticité n'eſt point parfaite dans les corps.

(131) De quelque maniere que le reſſort d'un corps ſoit mis en jeu, il n'eſt jamais parfait, comme nous l'avons obſervé précédemment (115). On ne trouve aucun corps dans la Nature qu'on puiſſe regarder comme parfaitement élaſtique. Il n'en eſt aucun qui revienne exactement à l'état d'où on l'a tiré, avec une force parfaitement égale à celle qui vient d'agir contre lui. Il en eſt cependant pluſieurs qui approchent aſſez de ce degré

de perfection ſi deſirable en quantité de circonſtances. Les ongles des animaux, leurs os, leurs cartilages, les plumes de pluſieurs oiſeaux, l'acier trempé, le verre, &c. ſont dans ce cas. Il eſt encore une eſpece de gomme, dont certains Indiens font uſage, & qu'on connoît ſous le nom de *gomme élaſtique*, qui paroît jouir d'un très-grand degré de reſſort. On en fait aſſez communément des anneaux. Quoique très-juſtes au doigt pour lequel ils ſont faits, ces anneaux cédent aiſément, & s'étendent aſſez pour devenir des braſſelets, des jarretieres, des ceintures, &c. Malgré cette extrême diſtenſion, on peut enſuite tellement rapprocher les parties de cette gomme, qu'une ceinture ne forme plus qu'un anneau. Le Journal de Trévoux nous apprend, à ce ſujet (1), qu'un Indien ſe ſervoit de ſon anneau pour faire une corde à ſon arc.

(132) Cette qualité moins parfaite dans quantité de ſubſtances, paroît dépendre du degré de denſité qu'on y remarque. Les métaux, par exemple, ne ſont jamais plus élaſtiques, que lorſqu'ils ſont bien écrouis,

D'où dépendent les variétés dans le reſſort des corps.

(1) Journal de Trévoux, Mars 1723.

& conſéquemment lorſqu'ils ſont plus denſes. Ils ſont mous & dépourvus de reſſort, lorſqu'ils ſont ſimplement fondus, ou lorſqu'ils ont éprouvé une chaleur violente, & ils ne deviennent alors élaſtiques, que lorſqu'on les condenſe ſous le marteau. Il ſeroit bien à deſirer qu'on pût profiter, autant qu'on le voudroit, de cette pratique, pour leur donner le plus grand degré de reſſort poſſible: mais il eſt des bornes au-delà deſquelles l'induſtrie de l'Ouvrier ſe trouve en défaut. On ne peut les forger que juſqu'à un certain point, au-delà duquel ils ſe gerſent, ou ils ſe fendent.

L'alliage entre pluſieurs métaux, ſemble leur donner la faculté d'acquérir un certain degré de reſſort, par le ſimple refroidiſſement. C'eſt une obſervation qui n'a point échappé au célebre *Belidor*, & dont il a tiré le plus grand parti (1), pour expliquer comment il arrive qu'un canon pouſſe ſon boulet beaucoup plus loin, lorſqu'il eſt froid, que lorſqu'il eſt échauffé par une multitude de coups qu'on lui fait tirer immédiatement les uns après les autres. *Robins* n'ignoroit

(1) Belidor Bombardier François.

point non plus cette propriété, lorsqu'il nous assure qu'un même canon, pointé de la même maniere, vomit des boulets à des distances qui vont en diminuant, à proportion qu'il s'échauffe. Les Artilleurs les plus expérimentés reconnoissent cependant des bornes qui séparent les degrés de chaleur & de froid, qu'une bouche à feu doit avoir, pour que l'amplitude de son jet soit autant grande qu'elle puisse être, toutes choses égales d'ailleurs. Tout ceci nous prouve que nous sommes encore bien éloignés de connoître parfaitement les causes qui influent sur le ressort des corps, & la maniere selon laquelle elles agissent.

(133) Si cette propriété est susceptible de différens degrés de perfection dans les corps, elle est également susceptible d'altération. Elle ne se conserve pas exactement la même après un long exercice. Nous éprouvons tous les jours, que le crin, la plume perdent à la longue une partie de leur ressort, & nous sommes obligés de les faire passer de temps en temps par les mains de l'Ouvrier, pour les remettre en état de nous rendre les services que nous attendons de leur élasticité. On remarque qu'un arc très-élastique, qu'on

Le ressort s'use dans les corps.

retient très-long-temps dans un état de tenſion, perd tellement de ſon reſſort, qu'il reſte quelquefois dans l'état forcé dans lequel on la retenu trop long-temps.

Mais quelle eſt la cauſe d'une propriété auſſi ſurprenante, & dont l'homme tire une multitude de ſervices, dans le détail deſquels nous ne pouvons nous permettre d'entrer? C'eſt ſur quoi les Phyſiciens ſont encore en litige.

Cauſe du reſſort des corps.

(134) Dans ces temps où la Phyſique, moins cultivée qu'elle l'eſt aujourd'hui, & où l'on prenoit les abſurdités les plus frappantes pour des raiſons ſatisfaiſantes, les Phyſiciens n'étoient point embarraſſés pour expliquer le reſſort des corps. Ils l'attribuoient à l'air; & d'après l'autorité de ceux qui dogmatiſoient alors en Phyſique, cette opinion fut pendant long-temps l'opinion dominante de l'Ecole. Nous nous garderons bien de la tirer de l'oubli dans lequel elle eſt plongée depuis long-temps. Nous nous bornerons ſeulement à faire obſerver que les effets du reſſort demeurent conſtamment les mêmes dans le vuide, ſans qu'ils paroiſſent ſouffrir aucun déchet ſenſible dans leur intenſité.

Attribuée à l'air.

S'il paroît donc abſurde d'attribuer à l'air groſſier

groſſier que nous reſpirons, l'élaſticité qu'on remarque dans certains corps, il ne le paroît pas moins de la faire dépendre d'une matiere plus ſubtile que l'air : mais cette derniere hypothèſe, beaucoup plus ſéduiſante que la premiere, étant encore en vigueur parmi pluſieurs Phyſiciens, elle mérite d'être miſe ici dans tout ſon jour, & d'être réfutée en particulier.

Attribuée à la matiere ſubtile. Plan. 3, fig. 1.

(135) On imagine dans cette hypothèſe, que les pores du corps ABC (pl 3, fig. 1), ſont cylindriques, lorſque ſes parties reſtent dans leur ſituation naturelle ; mais que ſi on vient à le plier, à le courber, à lui faire prendre la ſituation *f*, *g*, *h*, ces pores deviennent coniques ; qu'ils s'élargiſſent de K en M, & qu'ils diminuent de dimenſions de D en E. Cela poſé, la matiere ſubtile (12) étant douée d'un mouvement continuel & rapide, s'inſinue, dit-on, par le côté le plus large KM, en plus grande quantité qu'elle ne peut s'échapper par les plus petites ouvertures de D en E. Elle ſe précipite donc vers *a*, & elle preſſe cette partie dans la direction *a* D ; elle ſe précipite pareillement vers *b*, & porte celle-ci dans la direction *b* E, en preſſant, de part & d'autre, la partie *g*.

Delà ces pores s'élargiſſent en *a* & en *b*, & obligent les parties *f*, *g*, *h*, à reprendre leur premiere ſituation A B C.

On ne peut diſconvenir que ſi cette maniere d'expliquer la reſtitution des parties, dans un corps à reſſort, n'eſt point exacte, & qu'elle n'indique point la véritable cauſe de ce phénomene, elle eſt néanmoins très-ingénieuſe, & elle paroît on ne peut plus méchanique. Nous remarquerons donc à cet égard,

Réfutation de cette opinion.

1°. Que cette explication eſt fondée ſur une ſuppoſition gratuite, ſur l'exiſtence de la matiere ſubtile, telle que les Partiſans du Carthéſianiſme l'admettent.

2°. Qu'en ne diſputant pas même cette ſuppoſition, & qu'en attribuant à la matiere ſubtile toute l'activité, tout le mouvement néceſſaire pour produire cet effet, cette matiere, ſoumiſe aux loix des fluides, qui ont un écoulement, ne pourroit produire cet effet que dans un ſens favorable à la direction de cet écoulement.

Suppoſons, en effet, d'après le célebre *Muſſenbroek* (1), que l'écoulement de cette

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. expéri. t. 2.

matiere ſoit tellement dirigé, que A, B, C, venant à prendre l'inflexion *f*, *g*, *h*, ce fluide puiſſe s'inſinuer par la partie la plus large des pores de ce corps. Dans ce cas, la reſtitution pourra avoir lieu. Mais ſi immédiatement après, ce corps vient à être fléchi en ſens contraire, la matiere ſubtile aura-t-elle connoiſſance de ce changement? Changera-t-elle pour cela la direction de ſon cours? Si ſon écoulement ſuit toujours la même direction, elle pénétrera les pores de ce corps par le côté le plus étroit, & la reſtitution de ſes parties ne pourra avoir lieu.

Suppoſons maintenant, avec le même Phyſicien, deux corps dans le voiſinage l'un de l'autre, mais courbés en ſens contraire; l'un ſelon la direction *f*, *g*, *h*, & l'autre ſelon la direction R, S, T; n'eſt-il pas manifeſte que ces deux corps ne pourront point ſe rétablir dans leur premier état, & reprendre leur premiere figure, par l'action d'un même fluide qui couleroit à travers ces deux corps, & qui ſuivroit la même direction?

Pareillement, ſi vous prenez pluſieurs lames élaſtiques, & que vous les courbiez de façon qu'elles prennent la figure d'une

ſphere, il eſt de toute impoſſibilité que toutes ces lames, abandonnées à elles-mêmes, puiſſent reprendre dans le moment, & de la même maniere, leur premiere rectitude, en vertu de l'action d'un fluide qui les pénétreroit toutes dans le même ſens. Il faudroit donc ſuppoſer dans cette hypothèſe, que le fluide dont il eſt ici queſtion, peut ſe mouvoir également en toutes ſortes de ſens. Mais ſi on en vient à admettre cette ſuppoſition purement gratuite, il fera donc également effort, dans le premier cas, par exemple, pour agir en deux ſens contraires entre les parties A, B, C, & la reſtitution du corps ne pourra avoir lieu.

Modification de l'hypothèſe précédente.

(136) Ce furent, ſans contredit, ces difficultés inſurmontables qui déterminerent pluſieurs célebres Phyſiciens à modifier cette hypothèſe, & à ſuppoſer que la matiere ſubtile étoit elle-même douée d'une très-grande élaſticité, en vertu de laquelle elle repouſſoit de toutes ſes forces les parties ſolides des corps qu'elle pénétroit, & elle leur communiquoit l'élaſticité dont ils jouiſſent.

Mais il paroît manifeſtement que cette ſuppoſition n'eſt qu'un ſubterfuge. Quand on admettroit, en effet, qu'il exiſte dans la

Nature une matiere ſubtile, & que cette matiere ſeroit douée d'une très-grande vertu élaſtique, propre à produire tous les effets qu'on lui attribue, la queſtion en ſeroit-elle mieux réſolue ? Ne reſteroit-il pas toujours à expliquer, ou à rechercher la cauſe de l'élaſticité de la matiere ſubtile ? Imagineroit-on une nouvelle matiere plus ſubtile encore, & pareillement élaſtique, qui communiqueroit cette vertu à la précédente ? La même difficulté reviendroit encore, juſqu'à ce qu'on fût remonté à la cauſe premiere de l'élaſticité.

(137) Ceux qui ont attribué cet effet à la matiere ignée, ou à la matiere du feu (1), ſont-ils mieux fondés dans leurs prétentions ? Nous ne diſconviendrons point que le feu ne ſoit très-élaſtique. Il produit quantité d'effets qu'on ne peut attribuer qu'à cette propriété. Mais quelle eſt la cauſe qui produit l'élaſticité, ou qui donne du reſſort à cet être ? C'eſt encore une nouvelle queſtion à réſoudre. D'ailleurs, nombre de phénomenes paroiſſent s'oppoſer manifeſtement à cette hypothèſe. Ne remarque-t-on pas tous les jours que certains corps ſont d'autant

Attribuée au feu.

Réfutation.

(1) Helvetius, princip. med. phyſ.

moins élaſtiques, qu'ils contiennent une plus grande quantité de matiere ignée ? Tout le monde ſait qu'une lame d'acier très-élaſtique perd de ſon reſſort, & s'amollit, lorſqu'on la fait chauffer juſqu'à un certain point. On ſait également que tous les inſtrumens d'acier, les tarrieres, par exemple, les forets, les vrilles s'échauffent dans le ſervice, qu'ils ſe ramolliſſent, & qu'ils perdroient la dureté & le reſſort dont ils ont beſoin, ſi on n'avoit ſoin de les plonger, de momens à autres, dans de l'huile, ou de les graiſſer. C'eſt même à cette propriété du feu, d'altérer le reſſort des métaux, qu'on eſt redevable d'un certain degré de perfection bien deſirable dans quantité d'inſtrumens tranchans, & dans nombre d'outils. Si on ne parvenoit à affoiblir leur reſſort, & à les détremper juſqu'à un certain point, en leur faiſant ſubir différens degrés de chaleur, après qu'ils ont été trempés, ils ſeroient ſuſceptibles de ſe caſſer au moindre effort.

S'il eſt certains corps, par rapport auxquels on remarque le contraire, comme il arrive, par exemple, à une maſſe d'air qu'on échauffe, & dont le reſſort augmente à proportion, cela dépend d'une cauſe particu-

liere, dont nous aurons occaſion de parler par la ſuite; & cet exemple ne détruit aucunement les obſervations que nous venons de rapporter.

(138) *Deſaguilliers*, & preſque tous les Newtonniens, veulent que l'élaſticité des corps dépende de la force attractive, ou répulſive. Pluſieurs même la font dépendre de l'une & de l'autre. Les Philoſophes, dit le Docteur *Deſaguilliers* (1), doivent tâcher de tirer l'élaſticité de l'attraction, ou de la répulſion, ou de toutes les deux. On a obſervé, continue-t-il, que les particules qui ſe repouſſent mutuellement avec force, attirent, avec beaucoup de force, les autres particules, comme on le voit dans les diſſolutions chymiques, & ſur-tout dans la diſſolution & la précipitation alternative des métaux, dans les menſtrues acides. Le reſſort de l'air ne paroît conſiſter que dans la force répulſive de ſes particules, qui ne ſe touchent pas mutuellement, tandis que ce fluide eſt en reſſort, & ſi on approche de plus en plus ces particules les unes des autres, l'effet de leur force répulſive augmente, parce que

Attribuée à l'attraction.

(1) Deſaguilliers, Cours de Phyſiq. t. 2.

le reſſort de l'air eſt, ſuivant lui, proportionné à ſa denſité, produit par la compreſſion.

Ce qui paroît plus naturel de penſer ſur cette propriété.

(139) Quoique nous ſoyons on ne peut plus attaché à l'opinion de *Newton*, & qu'il puiſſe très-bien ſe faire que l'élaſticité dépende effectivement de l'attraction, ou de la répulſion, ou même de l'une & de l'autre, nous ne pouvons nous empêcher de croire qu'il n'eſt point encore donné au Phyſicien d'expliquer ce phénomene d'une maniere ſatisfaiſante. Nous ne connoiſſons point aſſez la conformation intime des corps à reſſort: nous ignorons peut-être quantité de leurs propriétés dépendantes de la vertu élaſtique. Il eſt, ſelon toutes les apparences, nombre d'effets qui ont échappés juſqu'à préſent à nos recherches, & dont la connoiſſance peut être indiſpenſablement néceſſaire, pour que nous puiſſions remonter à la cauſe immédiate de ce phénomene. Bornons-nous donc à examiner tous les effets que nous pouvons appercevoir, & à les apprécier à proportion qu'ils ſe préſenteront. C'eſt, ſans contredit, le moyen le plus sûr d'étendre la ſphere de nos connoiſſances, & qui peut ſatisfaire davantage celui dont les vues ſe

portent uniquement vers la vérité. Nous ne parlerons ici que des effets du reſſort excité & mis en jeu par voie de compreſſion, de ceux qu'on obſerve dans le choc entre des corps à reſſort.

(140) Si les loix des colliſions entre des corps durs, ne ſont point différentes de celles que nous avons établies dans le paragraphe précédent, relativement aux corps mous, elles ſont encore les mêmes par rapport aux corps à reſſort, lorſqu'on ne conſidere que la communication du mouvement, occaſionnée par le choc. Mais les effets qu'on obſerve, après le choc, ſont cependant bien différens, & cette différence eſt produite par le reſſort dont ces derniers ſont pourvus.

Similitude entre les corps mous & les corps à reſſort.

Les corps à reſſort participent, en effet, juſqu'à un certain point, à la nature des corps mous. Leurs parties cedent manifeſtement au choc qu'elles éprouvent; elles ſe déplacent, & elles ſe rapprochent du centre de leurs figures, ainſi qu'on l'obſerve dans les corps mous; mais ils different de ces derniers, en ce que les parties de ceux-ci reſtent dans la ſituation que le choc leur a fait prendre, & que leur figure demeure altérée, tandis que les parties des corps à reſſort reprennent,

Différence entre les uns & les autres.

après le choc, leur premiere ſituation, & rendent au corps choqué la même figure qu'il avoit avant le choc.

Si on ne s'apperçoit point de l'altération qu'éprouve, dans le choc, la figure d'un corps à reſſort, parce qu'elle ſe rétablit auſſi-tôt, on peut néanmoins s'aſſurer de ce fait d'une maniere très-ſimple & très-exacte.

Expérience qui prouve que la figure d'un corps à reſſort s'altere dans le choc.

Enduiſez la ſurface d'un marbre noir, bien plan, & bien poli, d'une matiere graſſe qui puiſſe la ternir, ou couvrez-la ſeulement de votre haleine. Laiſſez enſuite tomber d'une certaine hauteur, une bille d'ivoire, ſur ce marbre: cette bille s'applatira dans le choc, & l'applatiſſement qu'elle éprouvera, formera un ſegment de ſphere, qui touchera le marbre par tous ſes points correſpondans, & enlevera la matiere qui le ternit dans toute l'étendue de ce contact. On verra donc alors ſur la ſurface de ce marbre, un petit cercle poli, plus ou moins grand, qui indiquera la quantité d'applatiſſement que la bille aura ſouffert dans le choc, & conſéquemment de combien ſa forme ſphérique aura été altérée. (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. VI, fig. 1.*) La figure d'un corps à reſſort s'altere donc par le choc, & c'eſt en cela

que les corps à reſſort participent à la nature des corps mous ; mais cette altération ne ſubſiſte plus après le choc, dans les corps à reſſort ; les parties déplacées reviennent à leur premiere ſituation, & c'eſt ce qui les diſtingue des corps mous. Il ſuit de-là *qu'un corps élaſtique doit ſe réfléchir, lorſque la force compreſſive ceſſe d'agir ſur lui.*

Pendant la compreſſion, le centre du corps à reſſort s'approche de l'obſtacle qui le comprime, & il s'en éloigne pendant la reſtitution de ſon reſſort. *Il doit donc ſe réfléchir en ſens contraire.* Par conſéquent, ſi deux corps élaſtiques ſe choquent mutuellement, leurs centres s'approcheront l'un de l'autre, & ils s'éloigneront en ſens contraire pendant leur reſtitution.

Juſqu'à quel point les corps à reſſort participent aux loix du choc des corps mous.

(141) Puiſque les parties de deux corps à reſſort qui ſe choquent, ſe compriment, & que leurs centres s'approchent mutuellement l'un de l'autre, ainſi qu'on l'obſerve entre des corps mous, *la compreſſion ſe fait donc ſucceſſivement & de la même maniere dans ces deux eſpeces de corps. La communication du mouvement, effet immédiat de cette compreſſion, doit donc s'exécuter auſſi de la même maniere ; & ſans la vertu élaſ-*

tique qui les diſtingue, les effets du choc ſeroient parfaitement les mêmes.

(142) Pour ſaiſir, comme il convient, les différens phénomenes que le choc entre des corps élaſtiques nous préſente à examiner, il faut diſtinguer deux temps dans le choc entre ces ſortes de corps; *le temps de la compreſſion, & celui de la reſtitution.* En conſidérant attentivement ce qui ſe paſſe dans ces deux temps, nous obſerverons, 1°. *que pendant la compreſſion, le corps choquant perd de ſa force, & que le corps choqué en acquiert à proportion:* 2°. *que le corps choquant perd encore de ſa force, pendant ſa reſtitution, & que le corps choqué en acquiert par la ſienne.*

Deux temps à diſtinguer dans le choc entre deux corps à reſſort.

La compreſſion s'exécute de la même maniere entre les corps à reſſort, qu'entre les corps mous (140). Elle doit donc produire le même effet ſur les uns & ſur les autres. La force du corps choquant doit donc ſe diſtribuer, pendant la compreſſion, ſuivant le rapport des maſſes: le corps choquant doit donc perdre de ſa force, & en communiquer à proportion au corps choqué. Reſte à démontrer maintenant que la reſtitution du reſſort eſt encore contraire au mouvement

du corps choquant, & qu'elle favoriſe celui du corps choqué.

La reſtitution des parties déplacées, pendant la compreſſion, ramene ces parties dans leur premiere ſituation; les deux corps, le choquant & le choqué, doivent donc s'éloigner l'un de l'autre, pendant le temps de leur reſtitution. Or, ils ne peuvent s'éloigner, que le corps choquant ne ſoit porté ſelon une direction contraire à celle qu'il conſervoit pour ſe mouvoir, indépendamment de la force qu'il a perdue par la compreſſion, & que le corps choqué ne ſoit porté ſelon la même direction qu'il a reçue, par l'impulſion du corps choquant.

La reſtitution nuit au mouvement du corps choquant; & favoriſe celui du corps choqué.

(143) Comme nous ſuppoſons ces corps parfaitement élaſtiques, *la reſtitution eſt égale à la compreſſion. La reſtitution leur imprime donc une force égale à celle que la compreſſion communique dans le choc.* Le corps choquant perd donc, par ſon reſſort, une force égale à celle qu'il communique dans le choc, tandis que le corps choqué en reçoit une de ſa reſtitution, parfaitement égale à celle qu'il a déja reçue par le choc.

La reſtitution leur imprime une force égale à celle que la compreſſion communique.

(144) Ces principes établis, il eſt on ne peut plus facile de déterminer les phéno-

menes qu'on doit obſerver dans le choc entre deux ou pluſieurs corps à reſſort. Il ne s'agit pour cela, 1°. que de conſidérer la communication du mouvement, occaſionnée par le choc, de la même maniere que nous l'avons déja conſidérée, par rapport aux corps mous. 2°. Comme on ſuppoſe ici que les corps ſont parfaitement élaſtiques, & que leur reſtitution favoriſe le mouvement du corps choqué (142), on doublera l'effet de la communication du mouvement par rapport à ce corps. 3°. Enfin, comme la reſtitution du corps choquant ſe fait au détriment de la force qu'il conſerve (142), on retranchera de cette force une quantité égale à celle qu'il aura communiquée dans le choc. C'eſt d'après ces données, & en ſuivant le même ordre que nous avons déja ſuivi dans l'expoſition des phénomenes du choc entre des corps mous, que nous allons conſidérer ceux qui ont rapport aux corps à reſſort.

Maniere de déterminer les effets du choc entre des corps élaſtiques.

Expérience. Effets du choc entre deux maſſes égales, l'une en repos.

Suppoſons donc, 1°. deux corps élaſtiques égaux en maſſe, ſuſpendus à des fils de la même maniere que les corps mous, dont nous avons fait uſage dans le paragraphe précédent; que l'un des deux ſoit en repos; élevons l'autre par un arc de ſix degrés, par

exemple : abandonnons-le enſuite à lui-même : il viendra heurter celui qui eſt en repos, & on remarquera, après le choc, que le corps choqué, muni d'une force égale à celle du corps choquant, avant le choc, ſe mouvra dans la direction de ce dernier, & meſurera un arc de ſix graduations. On remarquera en même-temps, que le corps choquant ſera réduit au repos après le choc.

Comme ces deux corps ſont égaux en maſſe, & que l'un des deux eſt en repos, le corps choquant communique à celui qu'il rencontre la moitié de ſa force (120), & s'ils étoient dépourvus de reſſort, on les verroit l'un & l'autre parcourir, après le choc, un arc de trois degrés (123). Mais la reſtitution produit ſur l'un & ſur l'autre un effet ſemblable à celui de la compreſſion (143). Le corps choqué reçoit donc de ſon reſſort trois nouveaux degrés de force, qui le font avancer dans la direction du corps choquant, avec trois nouveaux degrés de vîteſſe : il doit donc ſe mouvoir avec ſix degrés de vîteſſe ; tandis que la reſtitution du corps choquant le repouſſe en arriere avec trois degrés de force, & conſéquemment lui fait perdre toute la force qu'il avoit conſervée,

pour ſe mouvoir ſelon la même direction : il doit demeurer en repos après le choc.

Expérience. Effets du choc entre pluſieurs corps élaſtiques égaux en maſſes.

(145) Suppoſons, 2°. qu'on diſpoſe dans la même ligne une file de billes élaſtiques, toutes contiguës les unes aux autres, & de même maſſe, telles que les billes A, B, C, D, E, F, G (plan. 3, fig. 2). Si on éleve la bille A, par un arc d'un certain nombre de degrés, qu'on la porte, par exemple, en *a*, & qu'on l'abandonne enſuite à elle-même, elle viendra choquer la bille B, & toutes les billes, après le choc, demeureront en repos, à l'exception de la derniere G, qui ſe détachera de la file, & parviendra en *g*, en meſurant un arc égal à celui qu'on aura fait parcourir à la bille A.

Plan. 3, fig. 2.

La raiſon de ce phénomene ſuit naturellement de l'explication que nous venons de donner pour le cas précédent. La bille A, choquant la bille B qui lui eſt égale en maſſe, elle lui communique la moitié de la force qui l'anime, & la reſtitution de ſon reſſort, tendant à la porter en arriere, avec une force égale à celle qu'elle vient de communiquer, elle reſte en repos, tandis que la bille B, munie de la force qu'elle a reçue, par le choc & par la reſtitution de ſon reſſort,

ſort, fait contre la bille C, qui la ſuit, un effort égal à celui que la bille A vient de faire contre elle. Il ſe paſſe entre ces deux-ci le même phénomene que nous venons d'obſerver entre les deux précédentes. La bille B eſt réduite au repos, tandis que la bille C lutte contre la bille D; & le même effet ayant ſucceſſivement lieu, juſqu'à la bille G, qui ne trouve point d'obſtacle à ſon mouvement, cette derniere ſe détache de la file, tandis que les autres reſtent en repos. Or, comme nous les ſuppoſons toujours parfaitement élaſtiques, il ne ſe fait aucune perte de mouvement. La bille G doit donc ſe mouvoir avec une viteſſe égale à celle dont la bille A étoit pourvue avant le choc.

(146) Suppoſons, 3°. qu'on éleve en même-temps les deux billes A & B, par un arc de même nombre de degrés, & qu'on les abandonne en même-temps à elles-mêmes, on obſervera, après le choc, que les deux dernieres F & G ſe détacheront de la file, & parcoureront un arc ſemblable à celui que les deux premieres billes A & B auront parcouru. Autre *Expérience.*

Cet effet eſt préciſément le même que celui que nous venons d'expliquer. Il faut

ſeulement obſerver, que ſi les deux dernieres billes F & G paroiſſent ſe ſéparer en même-temps de la ſérie qu'elles concourent à former, elles ne s'en ſéparent néanmoins que l'une après l'autre. Mais comme cet effet s'exécute dans un temps infiniment petit, l'œil ne peut le ſaiſir tel qu'il eſt réellement. Voici donc ce qui arrive dans l'hypothèſe préſente.

La bille A & la bille B, munies d'une même vîteſſe, puiſqu'elles ſont élevées à une même hauteur, ne ſe font aucun obſtacle, tant qu'elles parcourent, en deſcendant, l'arc par lequel on les a élevées. Mais dès que la bille B, qui précede, a atteint & choqué la bille C, la bille B demeure en repos, tandis que la bille C tend à ſe mouvoir avec la force qu'elle vient de recevoir, & du choc, & de ſon reſſort. Mais la bille B n'eſt pas plutôt en repos, qu'elle devient un obſtacle à la bille A qui la ſuit. Cette derniere choque donc la bille B, tandis que la bille C agit contre la bille D. A & C demeurent en repos, après ce choc, tandis que la bille B, ranimée par le mouvement qu'elle vient de recevoir en partie de la bille A, & en partie de ſon reſſort, agit de nouveau contre la bille C, &

que la bille D agit également contre la bille E. B & D demeurent en repos ; mais alors la bille C & la bille E, faiſant effort pour ſe mouvoir, choquent en même-temps, l'une, la bille D, & l'autre, la bille F. Les billes D & F, jouiſſant alors d'une force égale à celles des billes qui viennent de les heurter, & qui ſont alors en repos, agiſſent en même-temps contre celles qui les ſuivent. La bille D choque donc la bille E, & reſte en repos. Pareillement la bille F choque la bille G, & demeure en repos. Mais la bille G, ne rencontrant point d'obſtacle, ſe détache de la file, tandis que la bille E choque la bille F, & demeure en repos. Cette derniere F, ne rencontrant plus également d'obſtacle, puiſque la bille G vient de ſe ſéparer, elle ſe ſépare auſſi de la file, & elle ſuit avec la même vîteſſe celle qui la précede.

Troiſieme *Expérience.*

On conçoit aiſément, par cette explication, que ſi on élevoit les trois premieres billes A, B, C, les trois dernieres E, F, G, ſe détacheroient, & ſe mouvroient avec la même vîteſſe qu'on auroit communiquée aux trois premieres.

Quatrieme *Expérience.*

Comme nous ne ſuppoſons ici qu'une ſuite de ſept billes, on conçoit que ſi on élevoit

les quatre premieres A, B, C, D, & qu'on les abandonnât à elles-mêmes, la bille D, qui tient le milieu, iroit alternativement d'un côté & d'un autre; c'eſt-à-dire, qu'elle ſe détacheroit elle-même avec les trois dernieres E, F, G, & que celles-ci, revenant en ſens contraire, rameneroient la bille D, qui ſuivroit, après le ſecond choc, les trois premieres C, B, A.

(147) Suppoſons, 4°. que les maſſes demeurant toujours égales, on ne faſſe plus uſage que de deux billes, mais qu'elles ſoient toutes les deux en mouvement dans le même ſens.

Expérience. Effet du choc entre deux maſſes égales, mues dans le même ſens.

Elevons l'une par un arc de ſix graduations, & l'autre par un arc de deux. Si on les abandonne en même-temps à elles-mêmes, on remarquera, après le choc, qu'elles feront échange de leurs vîteſſes. Ainſi la bille choquée continuera à ſe mouvoir, & parcourera, dans la même direction, un arc de ſix graduations, tandis que la bille choquante ne meſurera plus qu'un arc de deux degrés.

La bille choquante, en effet, n'atteint celle qu'elle choque que par ſon excès de vîteſſe quatre, & comme elles ſont égales en maſſe, la force avec laquelle elle la choque, ſe diſ-

tribue par la moitié. Elle lui communique donc deux degrés de force, & conſéquemment deux degrés de vîteſſe. Mais la reſtitution du reſſort ajoute à la bille choquée deux nouveaux degrés de vîteſſe. Cette bille ſe meut donc, après le choc, avec les deux degrés de vîteſſe qu'elle avoit avant le choc, & avec les quatre qu'elle acquiert par le choc & par ſon reſſort. Elle ſe meut donc avec ſix degrés de vîteſſe, & conſéquemment avec une vîteſſe égale à celle du corps choquant, avant le choc.

Ce dernier, qui n'a communiqué dans le choc que deux degrés des ſix qui l'animoient, en conſerve donc encore quatre après le choc, pour continuer à ſe mouvoir ſelon la même direction; mais la reſtitution de ſon reſſort lui en imprime deux, pour le faire retourner en arriere. Cette reſtitution lui fait donc perdre deux degrés des quatre qu'il avoit conſervés. Il ne peut donc continuer à ſe mouvoir qu'avec deux degrés de force, & conſéquemment deux degrés de vîteſſe. Il ſe meut donc avec une vîteſſe égale à celle du corps choqué, avant le choc. Ils font donc l'un & l'autre échange de leur vîteſſe après le choc.

(148) Suppoſons, 5°. pour terminer ce qui concerne l'égalité des maſſes, que ces deux billes ſe meuvent en ſens contraire. Dans cette nouvelle hypothèſe, il peut ſe faire qu'elles ſe meuvent avec des vîteſſes égales, ou avec des vîteſſes inégales. Prenons la premiere de ces deux ſuppoſitions.

Expérience. Effet du choc entre des maſſes égales, mues en ſens contraire, avec des vîteſſes égales.

Elevons-les l'une & l'autre par des arcs d'un même nombre de degrés, par exemple, par un arc de ſix graduations. Abandonnées à elles-mêmes, elles ſe choqueront dans le point le plus bas de leur ſuſpenſion, & elles retourneront en arriere, après le choc, en meſurant les mêmes arcs qu'elles auront parcourus pour ſe rencontrer.

Les maſſes & les vîteſſes étant ſuppoſées égales de part & d'autre, les forces avec leſquelles elles ſe choquent, ſont égales (103), & conſéquemment elles ſe détruiſent mutuellement. Elles doivent donc perdre leur mouvement direct dans le choc. Mais comme nous les ſuppoſons parfaitement élaſtiques, la compreſſion qu'elles éprouvent alors, bande leur reſſort avec une force égale à celle qui les animoit avant le choc. La reſtitution doit donc les reporter en arriere avec la même force, & les faire remonter par les

mêmes arcs qu'elles auront parcourus pour ſe choquer.

(149) Suppoſons, 6°. que leurs vîteſſes ſoient inégales.

Expérience. Même ſuppoſition, les vîteſſes étant inégales.

Elevons l'une de ces billes par un arc de quatre graduations, par exemple, & l'autre par un arc de deux. Elles feront échange de leurs vîteſſes, après le choc.

Les forces égales & oppoſées ſe détruiſent. De-là celle de ces billes, qui n'eſt munie que de deux degrés de force, les perd dans le choc, & en fait perdre deux à celle qui la choque. Cette derniere ne conſerve donc plus que deux degrés des quatre dont elle étoit pourvue avant le choc. On doit donc la conſidérer de la même maniere que ſi, n'étant munie que de deux degrés de force, elle choquoit la premiere en repos. Dans cette ſuppoſition, comme elles ſont égales en maſſe, la bille choquante communique à celle qu'elle choque, un ſeul degré de ſa force: mais le reſſort de l'une & de l'autre ſe trouve alors tendu avec une force comme trois; ſavoir, 1°. avec une force comme deux, par rapport aux deux degrés de force qui ſe perdent de part & d'autre: 2°. avec un troiſieme degré, par rapport au degré

de force que l'une communique à l'autre. La reſtitution du reſſort reporte donc ces deux billes en arriere, avec trois degrés de force, & conſéquemment avec trois degrés de vîteſſe.

De-là celle qui n'étoit animée que de deux degrés de vîteſſe, & qui a perdu toute ſa force dans le choc, doit retourner en arriere avec quatre degrés de vîteſſe; ſavoir, avec un degré de force qu'elle reçoit de ſon antagoniſte, & avec trois que la reſtitution de ſon reſſort lui imprime. L'autre, au contraire, ne doit retourner ſur ſes pas qu'avec une vîteſſe de deux degrés, puiſque des trois que ſon reſſort lui communique pour rétrograder, il y en a un qui ſe conſomme à détruire le degré de force qu'elle avoit conſervé pour continuer à ſe mouvoir ſelon ſa premiere direction.

Effets du choc entre des maſſes inégales.

(150) Le choc entre des corps élaſtiques inégaux en maſſe, nous offre pareillement des phénomenes qui participent à ceux que nous avons déja expoſés, en traitant du choc entre des corps mous, & à ceux qui réſultent des principes que nous avons développés, concernant le reſſort. Il eſt donc très-facile de déterminer les réſultats des expériences qu'on

peut faire à cet égard, en conſidérant toujours ces corps ſous le même point de vue, ſous lequel nous avons conſidéré les corps mous.

Suppoſons, en effet, que les maſſes de deux corps élaſtiques ſoient dans le rapport de deux à un, ou que l'un des deux ſoit les deux tiers d'un tout, dont l'autre ne fait que le tiers. Dans cette ſuppoſition, l'un & l'autre peut faire l'office du corps choquant. Cela poſé, prenons d'abord la groſſe maſſe pour cette fonction.

Expérience. Choc entre des maſſes inégales, la groſſe choquant la petite en repos.

1°. La plus petite des deux billes étant en repos, élevons la groſſe par un arc de ſix graduations. Nous obſerverons, après le choc, que la bille choquée meſurera un arc de huit degrés, & que la bille choquante continuera à ſe mouvoir, en parcourant un arc de deux graduations.

La bille choquante étant ſuppoſée les deux tiers d'un tout; dont la bille choquée ne fait que le tiers, elle ne communique à cette derniere que le tiers de ſa force douze, produit de ſix degrés de vîteſſe, par deux degrés de maſſe (103); elle ne lui communique donc que quatre degrés de force. La reſtitution du reſſort ſe faiſant en faveur du corps

choqué (142), cette bille acquiert encore quatre nouveaux degrés de force, leſquels étant joints aux quatre qu'elle a reçus dans le choc, la font avancer dans la direction du corps choquant, avec une force comme huit, & conſéquemment avec huit degrés de vîteſſe. Elle doit donc parcourir un arc de huit graduations.

La reſtitution du reſſort s'effectuant, au contraire, dans le corps choquant, aux dépens de la force qu'il conſerve, pour continuer à ſe mouvoir (142), cette reſtitution enleve à ce corps quatre degrés des huit qu'il avoit conſervés après le choc. Il eſt donc alors réduit à quatre degrés de force, leſquels étant obligés de tranſporter une maſſe comme deux, ne peuvent la faire mouvoir qu'avec deux degrés de vîteſſe.

Expérience. Même ſuppoſition, la petite faiſant l'office de corps choquant.

2°. La groſſe maſſe étant en repos, élevons la petite par un arc de ſix graduations. On remarquera, après le choc, que la groſſe maſſe ſe mouvra dans la direction du corps choquant, & qu'elle parcourera un arc de quatre graduations, tandis que la petite retournera en arriere, en meſurant un arc de deux graduations.

La petite bille, en effet, rencontrant ſur

ſon paſſage une maſſe qui fait les deux tiers d'un tout, dont elle n'eſt que le tiers, lui communique les deux tiers de ſa force, & conſéquemment quatre degrés. Le reſſort de ces deux billes ſe bande donc avec une force comme quatre. La reſtitution du reſſort procure donc à la bille choquée quatre nouveaux degrés de force. La ſomme des forces devient donc égale à huit dans cette derniere : mais cette bille jouit de deux degrés de maſſe : elle ne peut ſe mouvoir qu'avec une vîteſſe de quatre degrés.

La reſtitution du reſſort communique pareillement à la bille choquante quatre degrés de force, qui tendent à la faire retourner en arriere. Mais comme elle conſerve, après le choc, deux degrés de ſa vîteſſe primitive, avec leſquels elle tend à continuer de ſe mouvoir en avant, elle ne s'en retourne en arriere qu'avec deux degrés de vîteſſe.

(151) Suppoſons maintenant ces deux billes en mouvement. Dans cette ſuppoſition, elles peuvent ſe mouvoir l'une & l'autre dans le même ſens, ou en ſens contraire. Pour le premier cas,

1°. Elevons la maſſe ſous-double par un arc de trois graduations, & la maſſe double

Expérience. Les deux mêmes maſſes étant en mou-

vement dans le même ſens, la groſſe faiſant l'office de corps choquant.

par un arc de ſix. La petite, après le choc, continuera à ſe mouvoir dans le même ſens, & parcourera un arc de ſept graduations, tandis que la groſſe ne meſurera qu'un arc de quatre degrés ſeulement, & pareillement ſelon la même direction.

La groſſe bille, munie de ſix degrés de vîteſſe, jouit de douze degrés de force (103): mais elle n'atteint la petite, qui la précede, que par ſon excès de vîteſſe trois. Elle ne la choque donc qu'avec ſix degrés de force, dont elle lui imprime le tiers (120). La bille choquée reçoit donc par ce choc deux nouveaux degrés de vîteſſe. Elle en reçoit encore deux autres par la reſtitution de ſon reſſort. Ces quatre nouveaux degrés de vîteſſe, ajoutés aux trois qu'elle avoit avant le choc, doivent donc la faire mouvoir dans le même ſens, avec une vîteſſe de ſept degrés, & conſéquemment elle doit meſurer un arc de ſept graduations.

Outre les deux degrés de force que la bille choquante communique & perd dans le choc, elle en perd encore deux par la reſtitution de ſon reſſort: elle perd donc en tout quatre degrés des douze dont elle étoit animée avant le choc, & conſéquemment elle

doit être réduite, après le choc, à huit degrés de force, qui ne peuvent la faire mouvoir qu'avec quatre degrés de vîteſſe (103).

2°. Que la petite, munie de ſix degrés de vîteſſe, & conſéquemment de ſix degrés de force, vienne heurter la groſſe qui la précede, & qui ſe meut avec trois degrés de vîteſſe. Après le choc, la bille choquée meſurera un arc de cinq graduations, & la petite continuera à ſe mouvoir dans le même ſens, en parcourant un arc de deux graduations.

Expérience. Même ſuppoſition, la petite faiſant l'office du corps choquant.

Dans cette nouvelle ſuppoſition, la petite n'atteint celle qui la précede, que par ſon excès de vîteſſe trois; elle ne la choque donc qu'avec une force comme trois. Or, eu égard au rapport des maſſes, elle lui communique les deux tiers de cette force, & conſéquemment deux degrés. Le reſſort de l'une & de l'autre bille ſe bande donc avec une force comme deux. La reſtitution de ce reſſort, après le choc, imprime donc deux nouveaux degrés de force au corps choqué. Il doit donc alors ſe mouvoir avec ſa vîteſſe particuliere trois, & avec les quatre degrés de force qu'il vient de recevoir: mais ces quatre degrés de force, ne produiſant que deux degrés de

vîteſſe (103), il ſe meut avec cinq degrés de vîteſſe, & il meſure un arc de cinq graduations.

Le corps choquant ayant perdu dans le choc quatre degrés de ſa force, deux qu'il a communiqués, & deux que la reſtitution de ſon reſſort lui enleve, n'en conſerve plus que deux des ſix dont il étoit animé; il ne peut donc continuer à ſe mouvoir qu'avec deux degrés de force, & conſéquemment deux degrés de vîteſſe.

(152) Suppoſons enfin que ces deux billes ſe meuvent en ſens contraire. Dans cette derniere ſuppoſition, elles pourront ſe mouvoir avec des vîteſſes égales, ou avec des vîteſſes inégales.

Expérience. Les mêmes maſſes mues en ſens contraire, avec des vîteſſes égales.

1°. Que leurs vîteſſes ſoient égales. Elevons-les l'une & l'autre par un arc de ſix degrés. La petite, après le choc, retournera en arriere, en meſurant un arc de dix graduations, tandis que la groſſe n'en parcourera que deux, en retournant pareillement en arriere.

Les vîteſſes étant égales, les forces de ces deux billes ſont entre elles comme leurs maſſes (104). La force de la groſſe bille eſt donc double de celle de la petite. On a donc alors deux forces inégales qui luttent l'une

contre l'autre. La plus petite périt donc entiérement dans le choc, & détruit une portion de la plus grande. Cette derniere agit donc enſuite à raiſon de ce qui lui reſte d'intenſité, & ſe diſtribue ſelon le rapport des maſſes. Joignez encore à cette derniere action, l'effet que doit produire la reſtitution du reſſort, & vous trouverez une complication d'effets qu'on peut néanmoins développer facilement.

La plus petite, munie de ſix degrés de vîteſſe, jouit de ſix degrés de force, tandis que la groſſe, dont la maſſe eſt double, & munie de la même vîteſſe, jouit d'une force comme douze (103). La petite perd donc toute l'intenſité de ſa force, par l'oppoſition du choc, tandis que la groſſe ne perd que ſix degrés de la ſienne. Le reſſort de l'une & de l'autre ſe trouve donc alors tendu avec une force comme ſix.

Maintenant la petite peut être conſidérée comme réduite au repos, tandis que la groſſe, animée des ſix degrés de force qui lui reſtent, lutte contre elle, & lui en communique deux. Le reſſort de ces deux billes ſe bande donc encore avec deux nouveaux degrés de force. Il ſe trouve donc alors tendu

avec une force comme huit. La reſtitution de ce reſſort, obtenant ſon effet, porte donc en arriere la petite bille, avec une force comme huit: mais elle eſt, outre cela, ſollicitée à ſe mouvoir dans le même ſens, avec les deux degrés de force que la groſſe vient de lui communiquer. Elle s'en retourne donc en arriere avec une force, & conſéquemment avec une vîteſſe comme dix, qui lui fait meſurer un arc de dix graduations.

La groſſe ayant perdu, dans le choc, ſix degrés de ſa force, & ayant, outre cela, communiqué deux degrés des ſix qui lui reſtoient, n'en conſerve plus que quatre, pour continuer à ſe mouvoir ſelon la même direction : mais ſon reſſort, pareillement tendu de huit degrés, la reporte en arriere avec une force comme huit, & lui enleve néceſſairement les quatre degrés de force qu'elle avoit conſervés. La force de reſtitution ſe réduit donc alors à quatre degrés, avec leſquels elle retourne en arriere, munie de deux degrés de vîteſſe, qui lui font parcourir un arc de deux graduations.

Si ces deux billes ſe mouvoient en ſens contraire, avec des vîteſſes inégales, on auroit alors une multiplicité de cas, dans le détail

détail deſquels nous ne croyons pas devoir entrer, mais qu'on développera facilement, en procédant de la même maniere que nous venons de le faire dans les cas précédens.

2°. Suppoſons ſeulement ici que ces billes ſe meuvent avec des vîteſſes réciproques à leurs maſſes. Dans cette ſuppoſition, les deux billes retourneront en arriere, en parcourant les mêmes arcs par leſquels elles ſe ſeront approchées.

Expérience. Mêmes maſſes mues en ſens contraire, avec des vîteſſes réciproques aux maſſes.

Elevons la petite bille par un arc de ſix degrés, & la groſſe par un arc de trois; leurs forces ſeront égales (104), & leur intenſité ſera comme ſix (103). Les forces directes de ces deux billes périront donc dans le choc, & leur reſſort ſera tendu avec une force comme ſix. Elles ſe reſtitueront donc l'une & l'autre avec une force comme ſix, qui reportera la petite en arriere avec une vîteſſe de ſix degrés, & la groſſe avec une vîteſſe comme trois (103). Elles meſureront donc, en s'en retournant, les mêmes arcs qu'elles auront parcourus pour s'approcher & pour ſe choquer.

Les principes que nous venons d'établir, les applications que nous venons de développer & de confirmer, par des expériences

auſſi exactes qu'il eſt poſſible de les faire, eu égard à la nature des corps dont on peut faire uſage, ſuffiſent pour rendre raiſon de tous les phénomenes de l'eſpece de ceux dont nous avons fait mention juſqu'à préſent. Ceux qui voudroient étudier plus particuliérement cette théorie, & faire l'application des principes ci-deſſus, à des circonſtances plus compliquées, par la diverſité des maſſes qu'ils voudroient employer, pourront conſulter un excellent Mémoire de M. *Carré* (1). Ils y trouveront nombre de formules ſavamment développées, & très-propres à leur faire découvrir les réſultats les plus difficiles à ſaiſir.

(153) Si on peut rendre facilement raiſon de tous les phénomenes que le choc entre des corps élaſtiques offre aux recherches du Phyſicien ; ſi tous ces phénomenes ſont dignes de ſon attention & de ſes recherches, il en eſt quelques-uns ſur-tout, que nous ne ferons qu'indiquer, qui méritent plus particuliérement encore ſon attention, par les applications curieuſes qu'on en peut tirer.

(1) Carré, Mém. de l'Acad. Roy. des Sc. an. 1706.

Tels ſont ceux que M. *Hughens* expoſe (1), & par leſquels on démontre :

Phénomènes curieux découverts par Hughens.

1°. Que ſi un corps vient à la rencontre d'un autre plus grand, ou plus petit que lui en maſſe, le corps choquant lui communiquera plus de vîteſſe, s'il le choque par l'intermede d'un autre corps, également en repos, mais d'une grandeur, ou mieux d'une maſſe moyenne entre celle du corps choquant & celle du corps choqué.

2°. Que le corps choquant communiquera la plus grande vîteſſe poſſible au corps choqué, ſi la maſſe du corps intermédiaire eſt moyenne proportionnelle entre celle du corps choquant & celle du corps choqué.

3°. Que le corps choquant communiquera d'autant plus de vîteſſe au corps qu'il choquera, qu'il y aura un plus grand nombre de corps intermédiaires, & que la communication du mouvement deviendra autant grande qu'on puiſſe l'imaginer, ſi les maſſes des corps intermédiaires ſont ordonnées ſelon une progreſſion directe, c'eſt-à-dire, qu'ils croiſſent ou décroiſſent proportionnellement.

(1) Hughens, tract. de mot. corpor. ex percuſſione.

Ce célebre Phyſicien, calculant d'après ces principes, trouva que ſi on diſpoſoit une ſérie de cent corps, dont les maſſes ſeroient dans une progreſſion double, & qu'on prît la plus groſſe maſſe pour en faire le corps choquant, la plus petite, ou la centieme acquéreroit, après le choc, une vîteſſe qui ſeroit à celle de la groſſe maſſe, avant le choc, dans le rapport de 14,760,000,000, à 1.

M. *Carré* ſentit parfaitement tout l'avantage de la découverte de M. *Hughens*. Il fut même juſqu'à ſoupçonner que c'étoit en vertu de cette loi, que ſe produiſent ces mouvemens ſi rapides qu'on voit naître entre des corps, qui paroiſſoient ſi tranquilles un inſtant auparavant, comme on l'obſerve habituellement, par exemple, dans l'exploſion de la poudre à canon, &c. Mais nous abandonnons ces recherches à ceux qui connoîtront mieux que nous la nature des corps, & qui ſeront plus à portée de vérifier ces ſoupçons, que nous ne pouvons regarder que comme très-ingénieux.

Du choc des corps contre un obſtacle invincible.

(154) Tout ce que nous avons obſervé juſqu'à préſent ſur le choc des corps, ſuppoſe que l'obſtacle, ou le corps choqué,

peut céder à l'impreſſion du corps choquant. Mais il arrive ſouvent que cet obſtacle réſiſte invinciblement à cet effort, & qu'il ne peut être déplacé. Dans cette nouvelle ſuppoſition, il peut ſe faire que le corps choquant ſoit un corps mou, dur, ou élaſtique. Pour ſaiſir plus facilement ce qui doit arriver dans ces trois circonſtances, nous conſidérerons l'obſtacle comme parfaitement dur, & incapable de compreſſion.

Suppoſons donc, 1°. qu'un corps mou vienne heurter, ſelon une direction quelconque, contre un corps parfaitement dur, & incapable de céder à l'action du corps choquant. Dans ce cas, celui-ci perdra tout ſon mouvement, s'applatira, & demeurera en repos.

L'applatiſſement de ce corps étant l'effet immédiat de l'effort qu'il fait pour déplacer l'obſtacle, & de la réſiſtance que ce dernier lui oppoſe, cet applatiſſement doit être proportionné à la force avec laquelle le corps choquant ſe meut vers l'obſtacle. Auſſi voyons-nous que les dernieres billes que pouſſe un fuſil à vent, lancées contre un obſtacle qu'elles ne peuvent vaincre, s'applatiſſent beaucoup moins que les premieres,

comme nous le ferons obſerver, en traitant du reſſort de l'air.

2°. Comme nous ſuppoſons que l'obſtacle réſiſte invinciblement au corps qui le choque, ce dernier doit conſommer toute ſa force pour le déplacer, & doit conſéquemment demeurer en repos après le choc.

Suppoſons, 2°. que le corps choquant ſoit un corps dur : il perdra pareillement toute ſa force dans le choc, & il demeurera en repos. L'obſtacle, en effet, étant également invincible pour ce dernier, il conſommera néceſſairement toute ſa force dans l'effort qu'il fera pour le déplacer. Mais comme on ſuppoſe que le corps choquant eſt parfaitement dur, ſes parties ne céderont point à la réſiſtance qu'elles éprouveront dans le choc, & la figure du corps ſe conſervera la même après le choc.

Suppoſons, 3°. que le corps choquant ſoit parfaitement élaſtique. Sa figure s'altérera dans le choc (140); il perdra tout ſon mouvement direct. La reſtitution de ſon reſſort le reportera en arriere, & il ſe réfléchira. Mais de quelle maniere ſe réfléchira-t-il ? C'eſt ce que nous allons examiner avec toute l'attention que mérite cette queſtion importante.

ARTICLE TROISIEME.

Du mouvement réfléchi.

(155) Nous avons ſuffiſamment expoſé les effets du reſſort dans les corps qui ſont pourvus de cette propriété. Nous avons démontré (140), qu'un corps élaſtique doit ſe réfléchir en ſens contraire, lorſque la force compreſſive ceſſe d'agir contre lui. Nous n'examinerons donc ici que les loix qu'il doit ſubir dans ſa réflexion.

Pour rendre cette théorie plus générale, nous ſuppoſerons encore que les corps ſont parfaitement élaſtiques, & que l'obſtacle, contre lequel ils luttent, eſt parfaitement invincible, & totalement incapable de céder à l'effort du corps qui le choque.

LOI GÉNÉRALE.

(156) *Tout corps parfaitement élaſtique, qui rencontre ſur ſon paſſage un obſtacle invincible, ſe réfléchit & forme, en ſe réfléchiſſant, ſon angle de réflexion égal à ſon angle d'incidence.*

Il peut ſe faire que le corps choquant ſe meuve perpendiculairement, ou obliquement à l'obſtacle qu'il vient frapper. La même loi a lieu dans ces deux circonſtances.

Le mobile ſe mouvant perpendiculairement à l'obſtacle.

1°. S'il frappe perpendiculairement l'obſtacle, la compreſſion qu'il éprouve ſe fait perpendiculairement ſelon ſa ligne d'incidence : mais comme la reſtitution s'exécute en ſens contraire, ſelon la même ligne que la compreſſion, cette reſtitution le reporte en arriere, ſelon la même perpendiculaire. Il parcourt donc, en s'éloignant de l'obſtacle, la même ligne qu'il a parcourue pour s'en approcher : & ſa ligne de réflexion, comparée au plan qu'il frappe, forme, avec ce plan, deux angles droits, égaux à ceux que ſa ligne d'incidence avoit formés avec ce même plan.

Se mouvant obliquement à l'obſtacle. Plan. 3, fig. 3.

2°. Si le mobile frappe l'obſtacle obliquement, le même phénomene aura encore lieu. Suppoſons que le mobile A, (pl. 3, fig. 3,) vienne frapper au point B, ſelon la direction AB, le plan RS, que nous ſuppoſons toujours immobile & incapable de céder à l'impreſſion du choc : on remarquera, après ce choc, que le mobile s'éloignera du plan RS, en parcourant la ligne BD. Or, cette ligne,

également inclinée au plan RS, que la ligne AB, forme, avec ce plan, l'angle de réflexion DBS, égale à l'angle d'incidence ABR.

En parcourant la ligne AB, pour s'approcher du plan RS, le mobile parcourt équivalemment les lignes AC & CB, l'une, parallele, & l'autre, perpendiculaire au point B (112). Mais en suivant la ligne AC, ce mobile ne s'approche nullement du plan RS, puisque AC est parallele au plan. Il ne s'en approche donc qu'en vertu de la force qui le dirige selon la perpendiculaire CB. Il ne frappe donc ce plan qu'à raison de la force qui le détermine selon cette perpendiculaire, & conséquemment le plan n'oppose d'obstacle, & ne détruit, dans le mobile, que le mouvement perpendiculaire CB. Il conserve donc, après le choc, tout son mouvement parallele, selon AC, avec lequel il continueroit à se mouvoir selon BS, égal AC, si le plan & le mobile étoient parfaitement durs, & nullement élastiques; mais comme nous supposons le mobile A parfaitement élastique, & conséquemment que la restitution de son ressort lui rend, après le choc, & en sens contraire, tout le

mouvement perpendiculaire BC qu'il vient de perdre dans le choc, ce mouvement perpendiculaire se combinant de nouveau avec le mouvement parallele BS qu'il a conservé, il en résulte un mouvement composé de ces deux directions qui le détermine à se mouvoir selon la ligne BD, également inclinée en sens contraire, sur le plan BS. L'angle DBS de réflexion qu'elle forme avec ce plan, est donc nécessairement égal à l'angle d'incidence ABR: d'où il suit qu'un mobile parfaitement élastique, qui vient frapper obliquement un obstacle, forme, en se réfléchissant, son angle de réflexion égal à son angle d'incidence.

L'expérience est assez d'accord avec la théorie, pour la confirmer, autant qu'il est possible de le faire, avec des machines qu'on ne peut assez perfectionner pour les amener à une précision mathématique. Si on se sert, en effet, de l'appareil que nous avons décrit (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1; *pl. VI, fig.* 4), on verra qu'une boule d'ivoire qui tombe perpendiculairement sur un plan de marbre incliné à l'horison, sous un angle donné & connu, se réfléchit en sens contraire, & vient se loger dans une petite caisse,

Expérience qui confirme cette vérité.

dont l'ouverture répond à l'une des extrémités d'un angle égal à celui que le plan de marbre forme avec l'horiſon.

Nous reviendrons encore ſur cette importante théorie, lorſque nous traiterons de la lumiere. Elle fait la baſe de tous les phénomenes de la *catoptrique*. Le jeu de paulme, celui du billard, ſont fondés l'un & l'autre ſur cette même théorie; & il eſt conſtant que celui qui la mettroit parfaitement en pratique, deviendroit un Joueur bien redoutable à ſon Adverſaire. Il n'eſt aucune bille, par exemple, dans le jeu du billard, qu'on ne puiſſe faire par une, ou par pluſieurs bricoles, en ſuivant exactement la théorie que nous venons d'expoſer.

Premier problême. Faire une bille donnée par une ſeule bricole. Plan. 3, fig. 4.

(157) Suppoſons qu'on ſe propoſe de faire la bille S (plan 3, fig. 4), par une ſeule bricole, la bille à jouer étant placée en M. Du point S, où ſe trouve la bille qu'on doit frapper, ſoit conduite la perpendiculaire S T: ſoit prolongée cette perpendiculaire au-delà de la bande du billard, juſqu'en O, de façon que T O ſoit égale à S T, & du point O, ſoit menée la droite O M, le point G de la bande par lequel la ligne O M paſſera, ſera celui contre lequel il faudra diriger la bille M,

pour qu'elle vienne frapper la bille S ; & la porter dans la blouſe B.

Par la conſtruction, les deux triangles GTS, GTO, ſont égaux. L'angle x de réflexion, eſt donc égal à l'angle y, & conſéquemment à l'angle d'incidence f, puiſque ce dernier eſt égal à y, comme oppoſé au ſommet : par conſéquent la bille M, frappant la bande en G, elle viendra ſe réfléchir en S, ou frappant en plein la bille qu'elle y rencontrera, elle la conduira néceſſairement dans la blouſe B.

Second problême. Faire une bille donnée par deux bricoles. Plan. 3, fig. 5.

(158) Le même problême peut aiſément ſe réſoudre, en ſuppoſant une double bricole. Soit donc une bille placée en M, & que le Joueur ſoit obligé de faire la bille S, & de la blouſer en R, par une double bricole, l'une priſe ſur la bande AB, & l'autre ſur la bande BC.

Abaiſſez, comme ci-devant, la perpendiculaire MT, ſur AB, & SL, ſur CB : prolongez la premiere juſqu'en O, de façon que TO ſoit égal à MT : prolongez pareillement SL, juſqu'en P, & qu'on ait LP, égal SL : du point O, conduiſez une droite au point P, & le problême ſera réſolu. Frappez la bille M avec aſſez de force, pour qu'après avoir

heurté contre le point G de la bande AB, pris dans la direction de OP, elle ſe réfléchiſſe en H; elle reviendra de ce point H, pris dans la bande BC, & elle ira frapper la bille S, & la blouſer en R.

Par la conſtruction, l'angle d'incidence *x* eſt égal à l'angle *f*, & conſéquemment l'angle de réflexion *y*, oppoſé au ſommet à l'angle *f*, eſt encore égal à l'angle *x*. Ainſi la bille M, pouſſée au point G, ſe réfléchira en H, ſelon la direction GH. Mais l'angle d'incidence *z*, eſt égal à l'angle *b*, qui lui eſt oppoſé au ſommet, & conſéquemment à l'angle de réflexion *a*, puiſque par la conſtruction, ce dernier eſt égal à l'angle *b*. La bille frappant le point H, ſe réfléchira donc en S, ou frappant pleinement la bille S, elle la conduira néceſſairement dans la blouſe R.

On peut appliquer la même théorie à une troiſieme bricole qu'on ſuppoſeroit. C'eſt ce que l'Abbé *de la Chapelle* a démontré d'une maniere très-ſimple & plus facile à ſaiſir, que tout ce qu'on avoit écrit avant lui ſur le même objet (1).

(1) L'Abbé de la Chapelle, inſtitut. de géometr. t. 1.

ARTICLE QUATRIEME.

Des obſtacles à la perpétuité du mouvement.

(159) Toute force imprimée à un mobile, devroit conſtamment le mouvoir de la même maniere, & à perpétuité: c'eſt une ſuite néceſſaire de ſon indifférence pour toute modification quelconque. Tant que cette force réſide dans un mobile, elle doit conſtamment produire le même effet. C'eſt ce qui arriveroit dans un état de préciſion; mais on obſerve conſtamment le contraire dans l'état préſent des choſes. On voit qu'un corps mis en mouvement par une force donnée, perd plus ou moins ſenſiblement de ſa viteſſe, & parvient, en aſſez peu de temps, au repos d'où on l'a tiré. Il exiſte donc dans la Nature des obſtacles à la perpétuité du mouvement; & ce ſont ces obſtacles qui ſont l'objet de cet article.

(160) Tout corps qui ſe meut, ſe meut dans un milieu qui lui réſiſte plus ou moins ſenſiblement. Il ne peut donc continuer à ſe mouvoir, qu'autant qu'il peut vaincre la réſiſtance qu'il éprouve, & conſéquemment

qu'autant qu'il peut déplacer les parties de ce milieu qui s'oppoſent à ſon paſſage. Mais pour vaincre cet obſtacle, pour déplacer ces parties, il doit leur communiquer une portion de la force qui l'anime. Il perd donc, à chaque inſtant, une portion de cette force, & ſa vîteſſe diminue inſenſiblement à proportion.

Il arrive encore aſſez ſouvent qu'un mobile ſe meut ſur d'autres corps, qui lui font éprouver une nouvelle réſiſtance de la part des frottemens qu'il eſt obligé de vaincre ; ce qui diminue encore d'autant la force qu'il a reçue pour ſe mouvoir, & inſenſiblement il parvient au repos d'où la puiſſance motrice venoit de le tirer. Nous expoſerons dans cet article les moyens d'apprécier & d'évaluer ces réſiſtances, & nous le diviſerons en deux paragraphes. Le premier traitera de la réſiſtance des milieux ; & le ſecond, de celle qui naît des frottemens.

Diviſion de cet article.

PARAGRAPHE PREMIER.

De la réſiſtance des milieux.

(161) Pour évaluer, comme il convient, la réſiſtance qui vient de la part des milieux,

il faut avoir égard à ce qui ſuit : 1°. *à la viſcoſité du milieu* : 2°. *à ſa denſité* : 3°. *à la ſurface du mobile* : 4°. *à la vîteſſe avec laquelle il ſe meut.*

Réſiſtance dépendante de la viſcoſité du milieu.

(162) On entend par viſcoſité, une adhérence plus ou moins ſenſible entre les parties d'un fluide, & on ne donne le nom de viſqueux qu'à ceux dans leſquels cette adhérence ſe fait remarquer d'une maniere un peu ſenſible. C'eſt dans ce ſens, qu'on dit que la plupart des huiles, les ſyrops, &c. ſont des fluides viſqueux. Or, on conçoit aiſément, que plus un milieu eſt viſqueux, plus ſes parties ont d'adhérence entre elles, plus elles réſiſtent à leur ſéparation, & plus conſéquemment le mobile conſomme de ſa force pour les ſéparer les unes des autres, & moins il en conſerve pour continuer à ſe mouvoir.

Elle eſt uniforme & proportionnelle au temps.

Cette réſiſtance eſt conſtante & uniforme, puiſque les parties d'un même milieu, ayant la même adhérence les unes aux autres, elles oppoſent chacune la même réſiſtance au mobile, tant qu'il eſt plongé dans ce milieu, & que ſa ſurface en eſt enveloppée. Cette réſiſtance eſt donc proportionnelle au temps, & non à la vîteſſe avec laquelle il ſe meut, comme il a plu à quelques Phyſiciens de l'imaginer.

On

On ne peut diſconvenir cependant, que la raiſon ſur laquelle on voudroit appuyer cette derniere opinion, ne ſoit très-ſpécieuſe, & ne puiſſe même en impoſer facilement à ceux qui ne ſauroient point analyſer le raiſonnement que voici. Plus le mobile a de vîteſſe, dit-on, plus il parcourt d'eſpace dans le même-temps, & conſéquemment plus il trouve de parties à ſéparer. Or, toutes ces parties ayant le même dégré d'adhérence entre elles, la réſiſtance totale doit être comme le nombre des parties ſéparées, & conſéquemment proportionnelle à la vîteſſe du mobile.

Non à la vîteſſe, comme quelques uns le prétendent.

Pour découvrir la fauſſeté de ce raiſonnement, concevons un globe, par exemple, entiérement plongé dans un fluide quelconque, ſuppoſons dans l'eau. Dans cette ſuppoſition, on conçoit qu'un nombre de gouttes proportionné à la ſurface du globe, s'attache à ſa ſuperficie, & ſi ce globe vient à ſe mouvoir, il faudra néceſſairement qu'il s'arrache, ſi on peut s'exprimer ainſi, à cette multitude de gouttes qui l'enveloppent. Or, à temps égaux, quelque ſoit ſa vîteſſe, le globe ſera toujours environné d'un même nombre de gouttes. Il éprouvera donc con-

ſéquemment la même réſiſtance, en temps égaux.

On ne diſconviendra cependant point que, s'il vient à ſe mouvoir avec plus de vîteſſe, à parcourir plus d'eſpace dans le même-temps, ce globe ne réponde à un plus grand nombre de parties en général, que lorſqu'il ſe mouvoit moins vîte; mais auſſi, dans ce dernier cas, il avoit à éprouver plus long-temps la réſiſtance des mêmes parties; ce qui revient abſolument au même, parce que l'adhérence des gouttes d'eau au mobile, étant une fois vaincue, elle reſte encore à vaincre, tant que ces gouttes embraſſent le mobile.

Veut-on encore mieux concevoir cette eſpece de réſiſtance? Concevez que dès que le mobile commence à ſe mouvoir, il entraîne, ou il tâche d'entraîner les gouttes qui lui ſont adhérentes. Mais celles-ci, retenues par les gouttes plus éloignées du mobile, dit M. *Sigorne* (1), & ſe trouvant par-là entre deux forces contraires, doivent s'allonger, & former comme autant de petits filets que le mobile doit rompre. Or, c'eſt un principe,

(1) Sigorne, inſtit. Newton, pag. 7.

que ſi l'on tire un corps par un fil très-délié, on lui communique plus de mouvement, en le tirant fort lentement & peu à peu, qu'en le tirant avec plus de force, & en rompant le fil par un trop grand effort, Il en ſera donc de même dans le cas dont il eſt ici queſtion. Plus le mobile ira vîte, plus il diviſera de parties, mais moins il perdra de vîteſſe ſur chacune d'elles. Plus ſon mouvement ſera lent, plus il perdra de force à chaque pas qu'il fera, parce que, rompant moins ſubitement les filets d'eau dont nous avons parlé, il tirera après lui une plus grande quantité de fluide.

Il ſuit de cette explication, continue le même Phyſicien, que la ſuperficie du mobile reſtant la même, quelque ſoit ſa figure, la réſiſtance qu'il éprouvera ſera auſſi la même en temps égaux. D'où il ſuit que les réſiſtances qu'éprouvent deux ſpheres différentes de la part de la tenacité d'un même milieu, ſont entre elles comme les quarrés des diametres de ces ſpheres.

Il faut cependant, comme l'obſerve très-bien notre ſavant Auteur, pour que cette concluſion ait lieu, que ces ſpheres ſoient de même nature. Il eſt, en effet, certain, & l'ex-

périence le confirme pleinement, qu'un même fluide ne s'attache pas avec la même force à toutes ſortes de matieres. L'eau, par exemple, ne s'attache pas également au verre, à la cire, &c. De-là vient qu'on ne peut exprimer en nombres conſtans la quantité de réſiſtance, qui vient de la viſcoſité d'un milieu, à moins que ce milieu, & le corps qu'il embraſſe, ne demeurent les mêmes: encore faut-il alors avoir déterminé, par expérience, la quantité d'adhéſion qui eſt entre le milieu & le ſolide.

On peut, en augmentant la fluidité d'un milieu, diminuer une partie de cette réſiſtance. C'eſt ainſi qu'un corps ſe meut plus aiſément dans des fluides viſqueux, lorſqu'ils ſont chauds, que lorſqu'ils ſont froids. La chaleur tendant à écarter, & écartant effectivement les parties les unes des autres, elle diminue d'autant leur adhérence, & conſéquemment la viſcoſité de la maſſe.

Dépendante de la denſité du milieu.

(163) La denſité du milieu, ou la quantité de parties qu'il contient, ſous un volume donné, apporte encore un obſtacle plus ou moins grand au mouvement d'un mobile. Cet obſtacle croît directement comme cette denſité. Cette vérité ſe trouve confirmée par

une expérience très-ſimple que *Newton* imagina à ce ſujet. Il obſerva, nous dit-il (1), que le mercure qui peſe treize fois deux tiers plus que l'eau, ſous un volume donné, réſiſte préciſément treize fois deux tiers plus qu'elle, à raiſon de ſa denſité ſeulement. Nous nous bornerons à indiquer ici un moyen général de s'aſſûrer que cette eſpece de réſiſtance eſt plus grande, lorſque la denſité du milieu eſt manifeſtement plus grande.

Expérience qui prouve que la réſiſtance au mouvement devient plus grande, dans un milieu plus denſe.

Faites mouvoir dans une caiſſe diviſée longitudinalement en deux parties, deux pendules de même longueur. (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. VI, fig.* 5.) Tirez-les l'un & l'autre de leur à-plomb, & abandonnez-les en même-temps à eux-mêmes. Tant qu'ils ſe mouvront dans le même milieu, ils y éprouveront la même réſiſtance, toutes choſes égales d'ailleurs, & ils feront le même nombre de vibrations. Réitérez la même expérience, après avoir rempli d'eau l'un des côtés de la caiſſe, & vous obſerverez alors que le pendule, qui ſe mouvra dans l'eau, ſera réduit au repos en peu de temps, tandis que l'autre, faiſant ſes vibrations dans l'air, con-

(1) Newton, prin. phil. nat.

tinuera à ſe mouvoir pendant long-temps. La denſité de l'eau, huit cents fois plus grande que celle de l'air, terme moyen, oppoſe donc une réſiſtance incomparablement plus ſenſible au mouvement de ces pendules : ce qui ſuffit pour démontrer, en général, qu'il faut avoir égard à la denſité du milieu, lorſqu'on veut évaluer la réſiſtance qu'il fait éprouver à un mobile.

On conçoit effectivement, que plus un milieu eſt denſe, toutes choſes égales d'ailleurs, plus il contient de parties ſous un volume donné. Or, chacune de ces parties, oppoſant ſéparément la même réſiſtance à leur déplacement, la réſiſtance totale doit croître comme le nombre des parties augmente, & conſéquemment la réſiſtance qui vient de la denſité d'un milieu, doit ſuivre la raiſon directe de cette denſité.

Dépendante de la ſurface du mobile.

(164) La ſurface du mobile doit encore entrer en conſidération, lorſqu'il s'agit d'eſtimer la réſiſtance qu'il doit éprouver dans un milieu donné. Plus, en effet, le mobile aura de ſurface, toutes choſes égales d'ailleurs, plus il rencontrera de parties dans le même-temps, leſquelles s'oppoſeront également au tranſport de ce mobile. Or, la ré-

ſiſtance totale, étant égale à la ſomme des réſiſtances partielles, la premiere augmentera dans la même proportion que le nombre de ces dernieres croîtra.

Sans prouver ici cette propoſition, ſelon toute l'étendue de ſa force, mais en ſe bornant ſeulement à faire obſerver que la ſurface du mobile, étant plus grande, il éprouve plus de réſiſtance, on peut ſe ſervir de l'expérience ſuivante.

Expérience qui démontre cette vérité.

Faites mouvoir, avec la même force & dans le même milieu, les deux moulinets que nous avons décrits, (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. VI, fig.* 6), & vous obſerverez que celui qui préſente le plan de ſes ailes au milieu qu'il diviſe, aura perdu tout ſon mouvement, tandis que l'autre continuera encore à ſe mouvoir. La ſurface du mobile étant plus grande, toutes choſes égales d'ailleurs, la réſiſtance du milieu devient donc plus grande.

Dépendante de la viteſſe du mobile.

(165) Si la ſurface du mobile venant à augmenter, la réſiſtance qu'il éprouve de la part du milieu, augmente, parce qu'il rencontre dans le même-temps un plus grand nombre de parties, cette réſiſtance doit encore augmenter, lorſque la viteſſe du mobile aug-

mente. Ce mobile, en effet, parcourant alors plus d'eſpace dans le même-temps, il rencontre ſur ſon paſſage un plus grand nombre de parties. Mais il n'en eſt pas de même de la vîteſſe, que de la ſurface. Si la réſiſtance croît proportionnellement à cette derniere, elle croît ſous un plus grand rapport, lorſqu'il s'agit de la vîteſſe.

Selon quelle proportion la vîteſſe augmente la réſiſtance.

Un corps doué d'une plus grande vîteſſe, non-ſeulement parcourt un plus grand eſpace, dans le même-temps, mais il le parcourt avec plus de force, puiſque la maſſe étant égale, la force du corps en mouvement eſt directement comme la vîteſſe (104). Il frappe donc alors plus vigoureuſement les corps qu'il rencontre. Il perd donc conſéquemment de ſa force, & à raiſon du nombre de parties qu'il déplace, & à raiſon de la force avec laquelle il les déplace.

Suppoſons, par exemple, qu'un corps qui ſe meut avec une vîteſſe comme un, éprouve une réſiſtance donnée dans le milieu dans lequel il ſe meut. Si ce même corps vient à ſe mouvoir dans ce même milieu, mais avec une vîteſſe une fois plus grande, c'eſt-à-dire, avec une vîteſſe comme deux, il perdra d'abord une fois plus de ſa force, à raiſon du

double nombre de parties qu'il déplacera dans le même-temps. 2°. Il en perdra pareillement une fois plus encore, à raiſon de la force double qu'il déploiera contre chacune d'elles en particulier. La ſomme totale de la réſiſtance qu'il éprouvera, ſera donc alors deux fois double, ou quadruple de celle qu'il éprouvoit dans la premiere ſuppoſition. Elle augmentera donc comme le quarré de la viteſſe, puiſqu'étant égale à un, lorſque la viteſſe eſt comme un, elle devient égale à quatre, lorſque la viteſſe eſt comme deux. La réſiſtance du milieu, conſidérée relativement à la viteſſe du mobile, croît donc directement comme le quarré de la viteſſe augmente. En veut-on une ſeconde démonſtration également ſenſible & concluante? Voici celle que le D. *Deſaguilliers* nous fournit (1).

Suppoſons que le corps A (pl. 3, fig. 6), ſe meuve dans un milieu, à raiſon de deux pouces par ſeconde; ſavoir de *a* en *B*, & que pendant ce temps, il écarte quatre particules de matiere H, E, F, G. Suppoſons que chacune de ces particules ait un pouce de

pl. 3, fig. 6.

(1) Deſaguilliers, Cours de Phyſ. expér. t. 1.

diametre, & que chacune s'écarte d'un pouce par ſeconde, pour livrer paſſage au corps A, elles ſe porteront donc en *h*, *e*, *f*, *g*. Or, comme c'eſt la même choſe de mouvoir toutes ces particules de matiere entaſſées les unes ſur les autres, de F en *f*, ou de les mouvoir ſéparément, & de les écarter d'un pouce en une ſeconde, il eſt conſtant que le pouce d'eſpace qu'elles parcourent en une ſeconde, doit être regardé comme leur vîteſſe commune : par conſéquent, en multipliant leur maſſe quatre, par leur vîteſſe commune un, le produit quatre qui en réſulte, nous indique la quantité de mouvement, ou l'effort que le mobile A eſt obligé de faire de *a* en B, & conſéquemment la force qu'il perd pour déplacer les quatre particules de matiere qu'il rencontre, en parcourant deux pouces par ſeconde.

Suppoſons maintenant que la vîteſſe du corps A (plan. 3. fig. 7.) devienne double, & qu'il parcourt quatre pouces en une ſeconde. Dans cette ſuppoſition, il aura huit particules à déplacer ; ſavoir, B, C, D, E, F, G, H, I. Or, comme il ſe meut une fois plus vîte, il frappera chacune de ces particules avec une double force ; par conſéquent,

Pl. 3, fig. 7.

au lieu de leur faire parcourir à chacune un eſpace d'un pouce, en une ſeconde, comme dans le premier cas, il leur en fera parcourir deux, & elles iront alors en *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*. leur vîteſſe commune ſera donc égale à deux, laquelle étant multipliée par huit, ſomme des maſſes, donnera ſeize pour produit. Or, cette force ſeize, qui indique celle que le mobile A conſume, pour vaincre la réſiſtance du milieu, ſe trouve encore égale au quarré de ſa vîteſſe quatre, comme dans le premier cas : d'où l'on doit encore conclure que la réſiſtance du milieu occaſionnée par la vîteſſe du mobile, croît comme le quarré de cette vîteſſe augmente.

(166.) La réſiſtance d'un milieu étant proportionnée, toutes choſes égales d'ailleurs, au quarré de la vîteſſe du mobile, il s'enſuit que, quoique les parties de l'air n'aient aucune tenacité marquée, & que, quoique ce fluide ait très-peu de denſité, il peut néanmoins ſe faire que la réſiſtance augmente contre un mobile au-delà de ce qu'on oſeroit l'imaginer. C'eſt ce que nous développerons plus particuliérement, lorſque nous traiterons du mouvement accéléré, qui devient quelquefois uniforme par la réſiſtance que le mobile éprouve. Obſervation.

Que doit-on donc penſer de cette réſiſtance, occaſionnée par la vîteſſe du mobile, lorſqu'il ſe meut dans un milieu dont la denſité eſt incomparablement plus grande que celle de l'air, comme il arrive, par exemple, lorſqu'il ſe meut dans l'eau, dont la denſité eſt huit cents fois plus grande ? Cette réſiſtance peut augmenter au point d'égaler celle que produiroient les corps les plus ſolides, que le mobile rencontreroit ſur ſon paſſage. C'eſt ce qu'on a éprouvé pluſieurs fois, en tirant obliquement à la ſurface de l'eau, une balle de fuſil, chargé d'une quantité de poudre égale au poids de la balle. Celle-ci s'eſt toujours briſée en pluſieurs morceaux, tandis qu'elle eût traverſé facilement une planche d'un pouce & plus d'épaiſſeur, ſi on eût tiré un ſemblable coup dans l'air.

Concluſion. Il ſuit de tout ce que nous venons de faire obſerver ſur la réſiſtance qu'un mobile éprouve de la part du milieu qu'il traverſe, que cette réſiſtance eſt en raiſon compoſée, 1°. du temps que le mobile met à ſe mouvoir, par rapport à la viſcoſité du milieu; 2°. de la denſité de ce même milieu; 3°. de la ſurface du mobile; 4°. du quarré de ſa vîteſſe.

(167.) Cette maniere cependant d'eſtimer la réſiſtance d'un milieu, ne peut être regardée comme exacte, que dans le cas où le milieu eſt en repos. On ſent parfaitement que s'il étoit en mouvement, elle devroit être bien différente. Cette réſiſtance, en effet, augmenteroit ou diminueroit, ſuivant que le mouvement du milieu ſeroit favorable ou contraire à celui du mobile. Elle varieroit encore, ſi ce milieu étoit doué d'un mouvement dont la direction fût moyenne entre celles dont nous venons de parler. Obſervation.

Nous avons quantité d'exemples de ces variétés auxquelles nous ne faiſons point ordinairement attention, & qui confirment parfaitement cette obſervation. Tout le monde connoît par ſa propre expérience la facilité avec laquelle on marche, & l'avantage qu'on retire d'un vent qui ſouffle dans le ſens, ſelon lequel on dirige ſes pas. On ſait par une épreuve ſemblable, combien on ſe fatigue & combien on a d'efforts étrangers à faire, lorſqu'on eſt obligé de marcher dans une direction contraire à celle du vent, ſur-tout lorſqu'il ſouffle avec une certaine véhémence.

Cette réſiſtance devient d'autant plus

grande, qu'on lui oppoſe plus de ſurface, toutes choſes égales d'ailleurs. C'eſt par cette raiſon qu'on a ſoin de plier les voiles, lorſqu'un vaiſſeau a le vent contraire. C'eſt pour la même raiſon que le Batelier qui traverſe une riviere, & qui paſſe pluſieurs perſonnes dans ſon bateau, les fait aſſeoir lorſque le vent devient contraire à la direction de ce bateau. En diminuant les ſurfaces, il diminue à proportion l'effort du courant. Mais nous ne pouvons nous permettre d'entrer dans des détails plus circonſtanciés ſur cet objet, que chacun eſt en état de ſaiſir, autant qu'il eſt néceſſaire pour les beſoins ordinaires de la vie.

PARAGRAPHE SECOND.

Des frottemens.

(168.) Outre la réſiſtance inévitable, qui vient de la part du milieu, dans lequel un mobile ſe meut, il arrive ſouvent qu'il ſe meut ſur d'autres corps, & qu'il y éprouve conſéquemment un frottement plus ou moins rude, qui détruit proportionnellement une partie de la force avec laquelle il ſe meut.

Ce nouvel obſtacle au mouvement, mé-

rite particuliérement l'attention du Phyſicien, & ſur-tout de celui qui ſe deſtine à la partie de la Phyſique qui s'occupe des machines dont nous parlerons dans la ſection ſuivante.

(169.) Pour ſe former une idée générale de cette eſpece de réſiſtance, il faut conſidérer qu'il n'eſt aucun corps dans la nature, dont les faces ſoient parfaitement droites & polies. Celles qui nous paroiſſent telles, au premier aſpect, n'en ſont pas moins hériſſées pour cela de petites aſpérités, de petites inégalités qui échappent à la foibleſſe de notre vue, mais que nous découvrons aiſément, lorſque nous les conſidérons avec une loupe, ou avec une lentille. Quelque petites que ſoient ces protubérances, elles n'en exiſtent pas moins pour cela, & elles produiſent toujours plus ou moins de rallentiſſement dans la vîteſſe du mobile. Idée générale des frottemens.

On conçoit parfaitement que les parties ſaillantes de la ſurface d'un mobile ſe trouvant engagées dans les cavités correſpondantes du corps ſur lequel il frotte, & les aſpérités de ce dernier étant pareillement engagées dans les cavités correſpondantes du mobile; celui-ci ne peut continuer à ſe mou-

voir, qu'autant que ces parties ſe dégageront les unes d'entre les autres. Or, de quelque maniere que cet effet ait lieu, il ne peut être produit que par une force quelconque, priſe aux dépens de celle qui anime le mobile.

On ne peut en effet aſſigner que les trois moyens ſuivans, qui ſoient propres à produire cet effet. 1°. Les parties engagées ſe détacheront des ſurfaces auxquelles elles appartiennent, comme il arrive, par exemple, lorſqu'on frotte l'un contre l'autre deux morceaux de ſucre, ou les ſurfaces de deux corps dont les parties ſont peu adhérentes; 2°. les parties engagées ſe replieront ſur elles-mêmes, & céderont à l'effort qui entraîne le mobile, comme on le remarque, lorſqu'on fait paſſer les crins d'une broſſe ſur la ſurface d'une table; 3°. ces deux premiers effets ne pourront avoir lieu, lorſque les parties ſaillantes des ſurfaces frottantes ſeront trop adhérentes à ces ſurfaces, ou lorſqu'elles ſeront trop roides & trop difficiles à plier: elles ne pourront ſe dégager, que la maſſe totale du corps frottant ne ſoit ſoulevée, comme il arrive manifeſtement, lorſqu'on traîne, ou lorſqu'on fait rouler une roue dentée ſur un plan cannelé, & dont les cannelures ſont oppoſées

opposées transversalement à la direction qu'on fait prendre à cette roue. Mais comme aucun de ces trois effets ne peut être produit que par la force qui entraîne le mobile, il s'ensuit nécessairement qu'aucun frottement ne peut être vaincu qu'aux dépens de la vîtesse du mobile, & conséquemment que tout frottement est un obstacle au mouvement.

D'où procedent leurs différences.

Cet obstacle exige plus ou moins d'effort pour être surmonté ; ce qui dépend des dispositions des surfaces frottantes. Plus elles sont inégales & raboteuses, plus le frottement est considérable. C'est pour diminuer, autant qu'il est possible, la grandeur d'un pareil frottement, que les Artistes ont grand soin de polir, jusqu'à un certain point, les surfaces qui doivent glisser ou rouler les unes sur les autres. C'est pour la même raison qu'on graisse, qu'on enduit d'huile, ou de toute autre matiere de cette espece, les surfaces des corps dont les aspérités multipliées pourroient occasionner de grands frottemens. Ces matieres se moulant, pour ainsi dire, dans les cavités de ces surfaces, elles les rempliſſent, & elles diminuent en partie le nombre de leurs aspérités. Souvent même les molécules des corps gras qu'on emploie, for-

ment comme autant de petits globules qui roulent entre les ſurfaces frottantes, & qui diminuent d'autant la valeur du frottement. On voit un effet de cette eſpece, lorſqu'on veut tranſporter par terre une groſſe poutre de bois, & qu'on fait paſſer par-deſſous un cylindre qui roule ſous elle. Dans ce cas, le frottement change d'eſpece, & devient beaucoup moins conſidérable, comme nous le démontrerons dans l'inſtant. On ne doit donc pas être ſurpris de la facilité avec laquelle une porte roule ſur ſes gonds, & tourne ſur elle-même, lorſqu'on a ſoin d'enduire les ſurfaces frottantes d'huile, ou de toute autre matiere graſſe.

(170) Si le nombre & la grandeur des aſpérités qui ſe trouvent ſur les ſurfaces frottantes, varient la grandeur des frottemens, l'étendue de ces ſurfaces paroîtroit devoir y contribuer également. Les aſpérités s'y trouvant, en effet, multipliées à raiſon de cette étendue, il doit y avoir proportionnellement un plus grand nombre de parties qui ſoient engagées. Ce fut la premiere idée qui ſe préſenta à ceux qui commencerent à étudier cette théorie, mais dont on revint aiſément enſuite, en conſultant l'expérience, & en raiſonnant d'après ſes réſultats.

Il n'en eſt pas de même des charges, ou des poids qu'on fait ſupporter à ces ſurfaces. Plus on les preſſe, plus on engage les parties qui s'engrainent les unes dans les autres, & plus il faut employer de force pour les déſengrainer. Tels ſont, en peu de mots, les différens points de vue ſous leſquels le Phyſicien doit conſidérer les frottemens.

Difficultés qu'on éprouve dans la théorie des frottemens.

(171) Les recherches profondes qu'on a faites juſqu'à préſent ſur cette matiere, ſont encore bien éloignées de ſatisfaire celui qui deſire une théorie fort exacte. Ce défaut vient de l'impoſſibilité où l'on eſt de trouver dans la Nature deux corps de même eſpece, dont les ſurfaces ſoient parfaitement ſemblables, ſous les mêmes dimenſions, l'hétérogénéité de leurs parties ne permettant jamais de les polir également. Auſſi les réſultats de toutes les expériences qu'on a tentées, en différens temps, ne s'accordent-ils point entre eux, moins par défaut d'exactitude de la part de ceux qui les ont faites, que par les inconvéniens auxquels il ne leur étoit pas poſſible de parer.

On ne peut néanmoins ſe diſpenſer de donner de juſtes éloges aux recherches de ces célebres Mathématiciens qui ſe livrerent

d'abord à ce genre de travail. S'ils n'ont pu, comme ils l'eſpéroient, nous donner une théorie bien parfaite, ils ont au moins jetté les premiers fondemens de cette théorie, & ils nous ont applani les premieres difficultés. Nous ne traiterons cette matiere que d'une maniere très-générale, mais propre à nous mettre ſous les yeux tout ce qu'on peut regarder comme certain dans la théorie des frottemens.

Deux eſpeces de frottemens.

(172) Nous diſtinguerons d'abord deux eſpeces de frottemens, qui méritent d'être bien diſtingués, par la différence qu'on remarque dans l'une & dans l'autre eſpece. Nous appellerons *frottement de la premiere eſpece*, celui qui réſulte de l'application totale d'une ſurface qui gliſſe ſur une autre. Nous nommerons *frottement de la ſeconde eſpece*, celui qui provient des différentes parties d'un corps, qui s'appliquent ſucceſſivement ſur les parties correſpondantes d'un autre corps. Tel eſt le frottement d'une roue, qui développe ſucceſſivement les points de ſa circonférence ſur le plan qu'elle parcourt.

Cette derniere eſpece de frottement nuit beaucoup moins au mouvement que la premiere, & fait perdre au mobile une moindre

quantité de la force qui l'anime. Il n'y a perſonne qui ne ſente parfaitement cette vérité. Le Payſan le moins inſtruit la met tous les jours en pratique, lorſqu'il enraie les roues de ſa voiture, pour empêcher que la déclivité du terrein ne l'entraîne. Il change alors le frottement de la ſeconde, en frottement de la premiere eſpece. Il empêche, en effet, la rotation de ſes roues, & il les met dans la néceſſité de frotter & de gliſſer ſur les mêmes points. Pour démontrer cette vérité d'une maniere plus préciſe, nous nous ſervirons de la machine que nous avons décrite, (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. VII, fig.* 1).

Expérience qui démontre que le frottement de la premiere eſpece nuit plus au mouvement que celui de la ſeconde.

1°. Le reſſort de cette machine étant tendu d'un tour ſeulement, on engage les pivots du grand rouleau dans les deux vis qui leur répondent; & on compte le nombre de vibrations que fait ce rouleau, avant d'être réduit au repos. Le frottement qu'il éprouve alors eſt de la premiere eſpece, puiſque les pivots touchent les coquilles qui les reçoivent ſelon toute l'étendue de leurs ſurfaces.

2°. On réitere la même expérience, avec cette différence qu'on recule les deux vis qui reçoivent les pivots, au point que ceux-ci

viennent tomber ſur l'interſection des rouleaux latéraux. On bande pareillement le reſſort d'un tour ſeulement, & on compte encore le nombre de vibrations que fait le grand rouleau. Dans ce cas, le frottement eſt de la ſeconde eſpece, puiſque les pivots ne touchent les circonférences des rouleaux latéraux que par un point chacun, & que le mouvement du grand rouleau entraîne avec lui celui des rouleaux latéraux qui vont & qui viennent ſur leur axe. On compte alors un bien plus grand nombre de vibrations; ce qui prouve manifeſtement que le frottement de la ſeconde eſpece nuit moins au mouvement que celui de la premiere.

Frottemens conſidérés par rapport aux ſurfaces frottantes.

(173) Pour juger maintenant de quelle maniere l'étendue des ſurfaces influe ſur la grandeur des frottemens, on ſe ſert de la même machine, & on lui fait ſubir un frottement de la premiere eſpece, en reportant les pivots du grand rouleau dans les vis correſpondantes.

Expérience. Comparaiſon des frottemens, occaſionnés par des ſurfaces différentes.

On laiſſe tomber ſur l'arbre du grand rouleau l'une des deux baſcules qui ſe meuvent à charniere ſur une eſpece de pilaſtre placé dans le voiſinage de ce rouleau. On bande le reſſort de deux tours; & on compte le nombre de

vibrations du grand rouleau : ſuppoſons qu'il en faſſe douze, on réitere la même expérience, en bandant pareillement le reſſort de deux tours; mais on amene ſur l'arbre du grand rouleau la ſeconde baſcule, tout-à-fait ſemblable à la premiere. Dans ce cas, la ſurface frottante devient double, & on compte encore onze vibrations avant que le grand rouleau ait perdu ſon mouvement. On ne trouve donc que très-peu de différence dans le réſultat de cette expérience, comparé à celui de la précédente; ce qui prouve que la grandeur des ſurfaces frottantes n'influe que très-peu ſur la grandeur des frottemens.

On ne doit donc point être ſurpris ſi le célèbre *Amontons*, & quantité d'habiles Phyſiciens, après lui, prétendoient qu'on ne devoit point avoir égard à la grandeur de ces ſurfaces, dans l'eſtimation du frottement. Les expériences qu'ils firent à ce ſujet, bien moins exactes que celle que nous venons de faire, les conduiſirent à cette erreur; & ils furent même confirmés dans cette opinion par un raiſonnement très-ſpécieux qui paroît l'appuyer ſolidement.

Raiſonnement qui paroît appuyer la théorie de M. Amontons.

Un corps, diſoient-ils, qui a plus d'épaiſſeur que de largeur, ou réciproquement,

ne doit point éprouver une plus grande réſiſtance à ſe mouvoir ſur ſa grande, que ſur ſa petite ſurface, parce que la preſſion, qui vient de ſon poids, compenſe ce qui manque à l'étendue de la plus petite de ſes ſurfaces. Il y a effectivement un plus grand nombre de parties engagées, lorſqu'il ſe traîne ſur ſa plus grande ſurface ; mais elles le ſont proportionnellement moins, que lorſqu'il frotte ſur ſa plus petite. L'expérience que M. *de la Hire* imagina à ce ſujet (1), paroît même venir à l'appui de ce raiſonnement.

Expérience qui paroît la confirmer.

Faites mouvoir ſur une planche bien dreſſée & bien unie, une petite planchette de ſix pouces de longueur, ſur quatre pouces de largeur, & un pouce dépaiſſeur. Faites-la mouvoir à l'aide d'un poids ſuffiſant pour l'entraîner, lorſqu'elle ne frottera que ſur ſon épaiſſeur d'un pouce, & vous obſerverez que le même poids ſera encore ſuffiſant pour la faire gliſſer & pour l'entraîner, lorſque vous voudrez la faire mouvoir ſur ſa largeur, que nous ſuppoſons de quatre pouces, obſervant toutefois toutes les précautions

(1) De la Hire, Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences, ann. 1699.

que nous avons indiquées, (*Deſ. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. VII, fig. 2.*)

Dans le premier cas, la ſurface frottante eſt ſuppoſée n'avoir qu'un pouce de largeur; mais elle eſt chargée de quatre pouces de bois en hauteur. Dans le ſecond cas, cette ſurface devient à la vérité quadruple; mais elle n'eſt chargée que d'un pouce de bois en hauteur: ce qui fait, ſuivant M. *de la Hire*, & ſuivant ceux qui ont embraſſé ſon opinion, une juſte compenſation.

Si ceux qui ſe fondent ſur cette expérience, toute incertaine qu'elle ſoit par la qualité des corps qu'on y emploie, avoient néanmoins apporté plus d'exactitude à l'examiner & à ſuivre les réſultats qu'elle préſente, ils ſe ſeroient ſans doute apperçus que ſi le même poids fait mouvoir le corps dans les deux circonſtances que nous venons de ſuppoſer, le mouvement de ce corps eſt cependant plus lent, lorſqu'il frotte ſur la plus grande, que ſur la plus petite de ſes ſurfaces: ce qui s'accorde aſſez bien avec le réſultat de l'expérience faite précédemment avec une machine plus exacte.

Obſervation contre cette expérience.

(174) Veut-on déterminer maintenant de quelle maniere les poids, dont les ſurfaces

Frottemens conſidérés par rapport

aux poids qui chargent les surfaces.

frottantes sont chargées, influent sur la grandeur des frottemens? On y parviendra facilement par l'expérience suivante.

Expérience.

On laisse la machine à rouleaux dans la disposition où elle étoit dans l'expérience précédente, & le frottement est encore de la premiere espece. On ne laisse frotter sur l'arbre qu'une seule des deux bascules; & on la charge, outre cela, d'un des deux petits poids égaux dont cette machine est pourvue. On bande le ressort de deux tours, & on compte le nombre des vibrations du grand rouleau: cette premiere épreuve étant faite, on fait tomber la seconde bascule sur l'arbre de ce rouleau, & on charge cette derniere du second poids semblable au précédent. La surface frottante & la charge deviennent alors doubles; mais on peut faire abstraction, sans une erreur sensible, de l'augmentation qui survient ici à la grandeur de la surface frottante. On bande le ressort pareillement de deux tours, & on compte le nombre des vibrations que fait le grand rouleau. L'expérience démontre ici que ce rouleau fait un tiers moins de vibrations que dans le cas précédent; ce qui s'accorde & justifie parfaitement l'usage où l'on est d'estimer le frot-

tement dans les machines, au tiers de la charge.

On ne peut apporter trop d'attention à la conſidération de ce phénomene. Il occaſionne ſouvent des erreurs groſſieres dans la conſtruction des machines, par la négligence ou l'ignorance de ceux qui les conſtruiſent. C'eſt la faute la plus ordinaire que commettent ceux qui ne ſont pas ſuffiſamment inſtruits ſur cet objet. Ils imaginent ſouvent d'excellentes machines, lorſqu'on les conſtruit en petit. Elles produiſent alors tout l'effet qu'ils s'en propoſent; mais ils apprennent ſouvent, à leurs propres dépens, combien il faut rabattre de leur perfection, lorſqu'il s'agit de les exécuter en grand. Cet accident bien fait pour dérouter le Méchanicien, vient de l'augmentation indiſpenſable dans le poids que chacune des parties de la machine porte avec elle. Cette augmentation va quelquefois ſi loin, que la puiſſance perd tout l'avantage qu'elle auroit droit d'attendre de la conſtruction de la machine.

Nous avons tous les jours ſous les yeux des exemples ſenſibles de l'augmentation des frottemens, occaſionnée par la preſſion. Une montre faite avec tout l'art poſſible, & qui

paroît excellente, ne ſe dérange-t-elle pas ſouvent dans les grandes chaleurs de l'été? Les pivots s'allongent alors, les engrainages deviennent moins libres, par la dilatation en tous ſens des parties engrainées : ils deviennent plus ſerrés ; le frottement augmente, & la montre ſe dérange, s'arrête, ou retarde conſidérablement. Si la chaleur vient à diminuer, les parties trop dilatées reprennent leurs premieres dimenſions, & la montre ſe rétablit dans ſon premier état, ſans le ſecours de l'Horloger.

Frottemens conſidérés par rapport à la vîteſſe du corps frottant.

(175) Tout ce que nous avons fait obſerver juſqu'à préſent ſur les frottemens, ne ſuffit point encore, au rapport de quantité de célebres Phyſiciens, pour juger exactement de l'intenſité de celui qu'éprouvent deux ſurfaces qui ſe meuvent l'une ſur l'autre. Ils veulent qu'on ait encore égard à la vîteſſe avec laquelle elles ſe meuvent. Plus la vîteſſe ſera grande, toutes choſes égales d'ailleurs, plus la force qui les fera mouvoir aura d'obſtacles à lever, par le plus grand nombre de parties qu'elle aura à déſengrainer dans le même temps. Le corps en effet ſe mouvant plus vîte, parcourt plus d'eſpace dans le même temps. Ses parties ſaillantes,

abſtraction faite de celles du plan, s'engagent donc dans un plus grand nombre de cavités qu'il rencontre ſur la ſurface qu'il parcourt. Il conſume donc une plus grande quantité de force à vaincre cette multiplicité d'obſtacles.

Pour réduire cependant les choſes à leur juſte valeur, il paroît que l'augmentation de frottement qui peut réſulter de la plus grande vîteſſe du mobile, peut très-bien être comparée à celle qui naît de la plus grande étendue des ſurfaces frottantes, & que l'une & l'autre n'influe que très-peu ſur la grandeur des frottemens.

Concluſion. On peut donc dire en général que les frottemens ſont en raiſon compoſée des aſpérités des ſurfaces frottantes, de la grandeur de leurs ſurfaces, du poids qu'elles portent avec elles, & de la vîteſſe avec laquelle elles ſe meuvent les unes ſur les autres.

Premiere obſervation. (176) Nous ne pouvons terminer cette queſtion, ſans faire obſerver toute la difficulté qu'on éprouve, lorſqu'on veut établir une théorie exacte des frottemens. Toutes les expériences qu'on peut faire à cet égard, ſont toujours défectueuſes juſqu'à un certain point, par les variétés qu'on ne peut éviter dans la

conſtitution des corps de même eſpece qu'on pourroit employer. Auſſi obſervons-nous que le célebre *Muſſenbroek*, le plus attentif & le plus exact des Phyſiciens qui ſe ſoient appliqués à faire des expériences, trouva des réſultats bien différens de ceux que nous venons d'obſerver, par rapport à l'augmentation des poids, dont les ſurfaces frottantes étoient ſucceſſivement chargées. Il ſe ſervit à la vérité d'un inſtrument d'un genre particulier, & différent de celui dont nous venons de faire uſage; mais cet inſtrument, que nous avons décrit avec ſoin, (*Deſc. & uſage d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. VII, fig.* 3.) n'étoit pas moins exact que le nôtre. Si nous conſultons les tables que ce grand homme a dreſſées, & dans leſquelles il nous fait part du réſultat de ſes travaux (1), nous y remarquerons encore que les frottemens ne ſont jamais plus conſidérables que lorſque des corps de même eſpece frottent les uns ſur les autres; vérité univerſellement reconnue de tous les Méchaniciens, mais dont il convient de s'écarter quelquefois, comme nous aurons occaſion de le faire obſerver dans la ſection ſuivante.

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. expér. t. 1.

On y verra encore que ces frottemens varient prodigieuſement entre eux, malgré les ſoins qu'on peut prendre pour mettre de l'hétérogénéité entre les ſurfaces frottantes. Un rouleau d'acier qui ſe meut ſur une ſurface de ſimilor n'éprouve ſouvent qu'un frottement qui va à un ſeptieme du poids du corps frottant, tandis que ce même frottement va à un quart du même poids lorſque ce rouleau d'acier frotte ſur une ſurface d'étain. Or, dans l'un & dans l'autre cas, les ſurfaces frottantes ſont également hétérogenes.

Seconde obſervation.

(177) Quoique les expériences laiſſent ici beaucoup d'incertitude ſur les concluſions qu'on voudroit en tirer, & que la théorie de M. *Amontons* ſe trouve manifeſtement fauſſe dans preſque toutes les circonſtances, on ne peut néanmoins diſconvenir que ſa méthode d'évaluer le frottement dans une machine, ne ſoit très-avantageuſe. On ſent particuliérement ſon avantage dans les machines faites en grand, ſujettes à s'uſer irréguliérement, & dont l'irrégulatité des ſurfaces venant à augmenter, rend le frottement bien plus conſidérable. Auſſi preſque tous les Méchaniciens ſont-ils de ſon avis, & ſont-ils dans l'uſage

d'évaluer les frottemens d'une machine, au tiers de ſa charge. Ceux qui ſeront curieux de voir cette importante matiere traitée d'une maniere bien plus étendue, pourront conſulter *l'Architecture hydraulique de Belidor*, *le cours de Phyſique de Muſſenbroek*, &c. ils trouveront, ſur-tout, dans ce dernier ouvrage une méthode auſſi ſimple qu'ingénieuſe de ſupputer le frottement d'une machine. (note 4.)

Note 4.

ARTICLE CINQUIEME.

Du mouvement réfracté.

(178) Outre les deux obſtacles à la perpétuité du mouvement, que nous venons de conſidérer dans l'article précédent, tout corps qui ſe meut en éprouve ſouvent un autre qui contrarie, qui altere ſa direction initiale, & qui l'empêche de ſuivre exactement la route que la puiſſance motrice lui avoit imprimée. Deux cauſes produiſent communément cet effet, dans l'état préſent des choſes.

Des cauſes qui alterent la direction du mobile.

1°. La différente denſité des milieux, dans leſquels il eſt obligé de ſe mouvoir : 2°. La peſanteur

pesanteur à laquelle tous les corps sont soumis ; mais cette derniere cause méritant d'être traitée d'une maniere bien plus étendue, nous en ferons l'objet de l'article suivant.

(179) Lorsqu'un corps se meut dans différens milieux, il y éprouve des résistances différentes; il est plus ou moins attiré par les uns que par les autres : de-là ces variétés qu'on observe dans le mouvement du mobile : de-là cette déviation, ou ce changement de direction qu'on connoît en Physique sous le nom de *réfraction*. De la réfraction.

Cette réfraction néanmoins n'a pas toujours lieu : elle dépend d'une condition particuliere au mouvement du mobile. Il ne suffit pas, en effet, qu'un mobile traverse différens milieux, pour subir cette déviation dans son mouvement; il faut, outre cela, qu'il les traverse obliquement : tant qu'il se meut perpendiculairement à la surface de ces milieux, il conserve constamment sa même direction; & si son mouvement éprouve quelque changement, ce ne peut être qu'un déchet plus ou moins sensible dans l'intensité de sa force, & dépendant des circonstances que nous avons exposées, en traitant de la résistance des milieux. On peut même confirmer par ex- Elle n'a pas toujours lieu, malgré la diversité des milieux.

périence, qu'un corps qui ſe meut perpendiculairement à la ſurface de pluſieurs milieux de différente denſité, n'éprouve aucune réfraction, & qu'il conſerve conſtamment ſa premiere direction.

Expérience qui démontre que la réfraction ne peut avoir lieu, ſans l'obliquité d'incidence.

Laiſſez tomber d'une hauteur donnée, un mobile quelconque, une balle de métal, dans un vaiſſeau de cryſtal, dont le fond ſera recouvert, juſqu'à la hauteur de deux ou trois pouces, de terre-glaiſe bien amollie & bien détrempée (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. VIII, fig.* 2). Cette balle, arrivant perpendiculairement ſur le fond de ce vaiſſeau, avec une force proportionnée à ſa maſſe & à la vîteſſe qu'elle aura acquiſe en tombant, formera une excavation plus ou moins profonde dans la terre-glaiſe. Enlevez-la avec précaution & ſans déformer le chaton qu'elle vient de ſe creuſer; rempliſſez d'eau le même vaiſſeau, & réitérez la même expérience. La balle tombera encore perpendiculairement, & traverſera alors deux milieux, dont les denſités ſont bien différentes; elle paſſera de l'air dans l'eau, & elle viendra ſe loger dans la même cavité qu'elle aura d'abord creuſée. Elle n'éprouve donc aucune déviation dans ſon mouvement.

Il n'en seroit pas ainsi; la direction du mobile seroit plus ou moins sensiblement altérée, s'il traversoit obliquement différens milieux. Il éprouveroit alors une réfraction qui l'éloigneroit, ou qui le rapprocheroit de la perpendiculaire, suivant que ces milieux lui feroient éprouver des résistances qui iroient en augmentant, ou en diminuant, ou qui l'attireroient plus ou moins les uns que les autres.

Elle a lieu chaque fois que le mobile se meut obliquement.

Pour lever toute difficulté au sujet de la perpendiculaire dont il est ici question, nous observerons que cette ligne est toujours relative à la surface du milieu que le mobile traverse. De-là si la surface de ce milieu est parallele à l'horison, comme il arrive à un liquide en repos, dans un réservoir quelconque, cette perpendiculaire sera alors une ligne perpendiculaire à l'horison: mais si au contraire, la surface du milieu est inclinée, ou même perpendiculaire à l'horison, comme il arrive, par exemple, dans une chûte d'eau, ou par rapport à un liquide qui coule sur un plan plus ou moins incliné, cette perpendiculaire sera parallele, ou plus ou moins inclinée à l'horison. Ainsi la perpendiculaire dont il est ici question, est, dans tous les

De quelle maniere on doit estimer la perpendiculaire.

cas, relative à la ſituation de la ſurface refringente, par rapport à l'horiſon.

(180) Suppoſons donc un mobile, une ſphere ſolide, par exemple, qui paſſe obliquement d'un milieu qui lui réſiſte moins, dans un autre milieu qui lui réſiſte davantage, comme il arrive à un ſolide qui paſſe de l'air dans l'eau. Cette ſphere ſouffrira alors une réfraction, qui l'éloignera de la perpendiculaire: elle l'en rapprocheroit au contraire, ſi elle paſſoit de l'eau dans l'air.

Pour faire ſentir toute la vérité de cette propoſition, suppoſons que cette ſphere ſe meuve ſelon la direction *a* M, oblique à la ſurface de l'eau B C (plan. 4, fig. 1). Ce mobile ſatisfait alors à deux directions, dont l'une le porteroit en V, & l'autre en A (112). Parvenu en M, il rencontre la ſurface de l'eau, & il éprouve une plus grande réſiſtance de la part de ce ſecond milieu: mais eu égard à l'obliquité de ſon mouvement, cet excès de réſiſtance ſe fait ſentir davantage à ſa direction perpendiculaire M H, qu'à ſa direction parallele M C.

Plan. 4, fig. 1.

Suppoſons, en effet, que l'hémiſphere K L du mobile, ſoit entiérement plongé dans l'eau, toutes les colonnes d'eau qui ré-

pondent à cet hémiſphere, s'oppoſent à ſa direction perpendiculaire, tandis que les ſeules colonnes qui répondent à la moitié ↄL de ce même hémiſphere, s'oppoſent à ſa direction horiſontale. La force qui le détermine horiſontalement, éprouvant moins d'obſtacle, doit prévaloir ſur celle qui le détermine perpendiculairement. Ce mobile doit donc s'avancer proportionnellement davantage ſelon la direction ↄC, que ſelon la direction MH, & conſéquemment, au lieu de ſuivre la ligne ME, ſuite de l'oblique *a*M qu'il avoit parcourue dans l'air, il doit décrire une ligne, ſuppoſons MD, plus éloignée de la perpendiculaire AH. Par la raiſon contraire, ſi ce mobile ſe mouvoit de l'eau dans l'air, en décrivant l'oblique DM, au lieu de parvenir en F, extrémité de l'oblique DM, il arriveroit en *a*, en s'approchant de la perpendiculaire MA.

Nous avons indiqué (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* I, *pl. VIII, fig.* I), un appareil propre à juſtifier cette théorie, par la voie de l'expérience; mais outre la difficulté de la faire, par rapport au local, nous obſerverons que nous n'avons décrit cette expérience que ſur le rapport de l'Abbé

Nollet, & que nous ne la croyons pas auſſi concluante que ce célebre Phyſicien voudroit nous le perſuader. Nous en fournirons la preuve dans un moment.

Premiere obſervation.

(181) Si un mobile, qui paſſe d'un milieu dans un autre, qui lui réſiſte différemment, s'éloigne, ou s'approche de la perpendiculaire, cet effet ne s'exécute pas ſelon une proportion conſtante & uniforme, c'eſt-à-dire, qu'il ne ſuit point une droite, qui faſſe un angle rectiligne avec l'oblique qu'il a décrite, avant de paſſer dans le milieu refringent. Il décrit, au contraire, une courbe, dont la courbure varie à proportion de ſon immerſion, juſqu'à ce qu'étant entiérement plongé dans le ſecond milieu, il parcourt alors une véritable droite. Ce phénomene dépend de la maniere ſelon laquelle le mobile ſe préſente au ſecond milieu, & de la réſiſtance qu'il éprouve ſur les différens points de ſa ſurface. On peut conſulter à ce ſujet un excellent Mémoire de M. *de Mairan* (1): on y trouvera de quoi ſatisfaire ſa curioſité.

La réfraction ne ſe fait point ſelon une ligne droite.

Seconde obſervation.

(182) Lorſqu'un mobile paſſe obliquement d'un milieu dans un autre, de diffé-

(1) De Mairan, Mém. de l'Acad. Roy. des Scien.

rente denſité, la réfraction qu'il y éprouve eſt-elle toujours bien ſenſible, & mérite-t-elle toujours de fixer l'attention de l'Obſervateur ? Eſt-il néceſſaire, par exemple, que le Chaſſeur, qui veut tirer dans l'eau, dirige ſon coup au-deſſous de l'endroit où l'objet qu'il veut atteindre, ſe préſente à ſa vue ? Pluſieurs célebres Phyſiciens tiennent pour l'affirmative, & ils en apportent même deux raiſons : l'une, fondée ſur la réfraction que la charge doit éprouver, en paſſant de l'air dans l'eau, laquelle éloignant cette charge de la perpendiculaire, la porte au-deſſus de la *ligne de mire* : l'autre, fondée ſur la réfraction que la lumiere éprouve en pareilles circonſtances, laquelle ſe faiſant en ſens contraire, comme nous l'obſerverons par la ſuite, nous fait voir l'objet au-deſſus de ſa véritable ſituation.

Doit-on toujours avoir égard à la réfraction ?

Quoique ces deux raiſonnemens paroiſſent bien fondés, & qu'à la rigueur géométrique, tout nous porte à croire qu'il eſt néceſſaire d'avoir toujours égard aux loix de la réfraction, pluſieurs habiles Chaſſeurs s'accordent à regarder cette précaution comme inutile dans la pratique.

Si cette opinion contrarie la théorie, elle

paroît néanmoins confirmée par des expériences rapportées par M. *Carré* (1).

On avoit rempli d'eau, dit ce célebre Académicien, un réſervoir de dix pieds en quarré, & on avoit fixé deux planches paralleles entre elles, & à l'horiſon, à la diſtance d'un pied l'une de l'autre. On avoit, outre cela, diſpoſé un morceau de carton au-deſſus de ces planches, & dans une ſituation perpendiculaire à l'horiſon. Ces préparations faites, on tira à cinq à ſix pas de diſtance, ſous un angle de vingt degrés, un fuſil chargé du poids de trois deniers, & de vingt grains de poudre, & d'une balle de ſept lignes de diametre, qui peſoit dix-ſept deniers & vingt grains. Examinant enſuite le réſultat de cette expérience, on trouva que la balle s'étoit fixée dans la derniere planche, après avoir traverſé le carton, la premiere planche, & la maſſe d'eau interpoſée.

Pour ſuivre la direction de la balle, on vuida le réſervoir, & on trouva les trois trous directement alignés à l'ouverture du canon : d'où il paroît naturel de conclure, que les corps que nous lançons obliquement

(1) Carré, Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1705.

dans l'eau, avec une vîteſſe extrême, n'y ſouffrent point une réfraction ſenſible.

Comment ſe fait-il donc que le réſultat de cette expérience ſoit tout-à-fait oppoſé à celui que l'Abbé *Nollet* rapporte dans ſa quatrieme leçon? Cela viendroit-il de la différence, & dans la charge de poudre qu'on a employée de part & d'autre, & dans la diſtance à laquelle on a placé, dans l'une & dans l'autre expérience, le canon de fuſil? Seroit-il à préſumer, que lorſqu'une ſphere d'un très-petit diametre ſe meut avec une vîteſſe extrême, & qu'elle n'a qu'une très-petite diſtance à parcourir, elle en eſt d'autant moins ſenſible aux effets de la réfraction? Ce ſont autant d'obſervations que nous laiſſons à faire à ceux qui ſeront à portée de répéter ces ſortes d'expériences, & qui les examineront avec aſſez d'exactitude, & aſſez peu de prévention, pour qu'on puiſſe compter ſur les réſultats qu'ils indiqueront. Il paroît néanmoins naturel de conclure, d'après l'oppoſition qu'on remarque dans l'opinion des deux célebres Phyſiciens que nous venons de citer, que ſi la réfraction a lieu en pareilles circonſtances, elle doit être beaucoup moins ſenſible que l'Abbé *Nollet* nous l'an-

nonce, & que ce n'eſt pas ſans raiſon que le Chaſſeur expérimenté ne tient pas compte de cette réfraction, lorſqu'il veut atteindre un objet plongé dans l'eau. Si nous ne pouvons rien aſſûrer de conſtant ſur le fait dont il eſt ici queſtion, nous obſerverons toutefois, qu'on ne doit point employer de fortes charges de poudre, lorſqu'il s'agit de tirer dans l'eau. Sans cette ſage précaution, les balles s'applatiroient, & ſouvent ſe caſſeroient. Cette obſervation, rapportée par M. *Carré*, dans le Mémoire que nous avons déja cité, a été confirmée depuis par pluſieurs expériences.

Troiſieme obſervation. Danger de tirer trop obliquement à la ſurface de l'eau.

(183) S'il eſt important de ménager la charge de poudre, lorſqu'on veut tirer dans l'eau, il l'eſt également de ne pas tirer trop obliquement à la ſurface de ce liquide, ſurtout ſi la diſpoſition de l'endroit nous donne lieu de craindre pour le côté oppoſé à celui d'où l'on tire. Il arrive ſouvent, dans ce cas, que la balle, au lieu de plonger dans l'eau, ſe réfléchit, & produit, de l'autre côté de l'eau, des effets très-dangereux, & même à des diſtances très-éloignées.

Cet effet a lieu dans cette circonſtance, parce qu'alors la direction de la balle étant

preſque parallele à la ſurface de l'eau, ſon mouvement perpendiculaire, qui la détermine à s'y plonger, étant extrêmement petit, il ne peut vaincre la réſiſtance qu'il éprouve : réſiſtance qui peut être très-grande par rapport à la vîteſſe avec laquelle elle ſe meut (165). Le mouvement perpendiculaire avec lequel elle tendoit à s'inſinuer dans l'eau, étant détruit, elle en reçoit un autre, moindre à la vérité, mais en ſens contraire ; & celui-ci ſe combinant de nouveau avec le mouvement parallele qu'elle a conſervé, l'oblige à ſe réfléchir & à ſe porter vers le bord oppoſé.

Des ricochets

C'eſt ſur ce même principe, & à l'aide de cette théorie, qu'on peut rendre raiſon & expliquer convenablement les *ricochets* multipliés qu'on voit faire à une pierre vigoureuſement lancée dans une direction preſque parallele à la ſurface de l'eau. Ces mouvemens ne dépendent que de l'altération qu'elle éprouve dans ſon mouvement perpendiculaire. Ce mouvement changeant continuellement de direction de haut en bas, & de bas en haut, ſe combine continuellement avec le mouvement parallele à la ſurface de l'eau, & occaſionne ces bonds réitérés qu'on voit

faire à la pierre, jusqu'à ce qu'ayant perdu tout le mouvement qu'elle avoit reçu, elle se précipite dans l'eau, par l'effort de la pesanteur qui la sollicite de haut en bas.

ARTICLE SIXIEME.

De la pesanteur, ou de la gravité.

Du mouvement accéléré.

(184) Si une puissance qui anime un mobile, & qui le met en mouvement, continue à développer contre lui son action, son mouvement deviendra accéléré, puisqu'il recevra à chaque instant de nouveaux degrés de force, qui se joindront à ceux qu'il aura déja reçus. Si cette puissance demeure constamment la même, & qu'elle agisse à chaque instant de la même maniere, le mouvement du mobile sera uniformément accéléré.

Du mouvement retardé.

Pareillement si un mobile se meut en vertu d'une force donnée, & qu'à chaque instant qu'il se meut, une autre force contraire tende à le faire mouvoir, dans une direction opposée; si cette force agit constamment & de la même maniere contre lui, le mouvement de ce mobile deviendra uniformément retardé.

Nous avons un exemple dans la nature de ces deux ſortes de mouvemens. Tous les corps qu'on abandonne à eux-mêmes au-deſſus de la ſurface de la terre, retombent vers ce globe, & accélerent uniformément leur mouvement, pendant tout le temps de leur chûte. Pareillement tous ceux qu'on lance de bas en haut, ſe meuvent d'un mouvement uniformément retardé. La cauſe qui produit cet effet, eſt connue en Phyſique ſous les noms de *peſanteur*, *gravité*, *force centripete*.

Univerſelle, cette cauſe ſe fait également obſerver dans tout le ſyſtême planétaire. Ne la conſidérons cependant ici que relativement aux corps ſublunaires; & pour développer, comme il convient, ſes propriétés, nous examinerons avec toute l'attention qu'elles méritent, les cinq queſtions ſuivantes. Elles feront chacune la matiere d'un paragraphe particulier.

Diviſion de cet article.

1°. Tous les corps ſont-ils ſoumis à l'action de la peſanteur?

2°. Y ſont-ils tous également ſoumis? ou mieux, obéiſſent-ils tous de la même maniere à l'action de cette force qui les maîtriſe? & cette action eſt-elle la même dans tous les climats de la terre?

3°. Quels ſont les effets qu'elle produit ſur les corps qui ſe trouvent ſoumis à ſon action ?

4°. Quels effets produit-elle ſur les corps, lorſqu'elle eſt combinée avec une autre force ?

5°. Eſt-il poſſible d'aſſigner la nature de cette cauſe ?

PARAGRAPHE PREMIER.

De l'univerſalité de l'action de la peſanteur.

(185) Quoiqu'on ſoit revenu depuis long-temps des préjugés de l'ancienne Ecole, il eſt certains corps, tels que la fumée, la flamme, les vapeurs, & quantité d'autres de cette eſpece, qu'on ne range qu'avec peine dans la claſſe des corps peſans. Si nous ne nous en rapportons, en effet, qu'à la dépoſition de nos ſens, & ſi nous nous abſtenons de tout examen réfléchi ſur les phénomenes qu'ils nous font conſtamment obſerver, j'avoue qu'on peut être tenté de s'en tenir à l'opinion d'*Ariſtote*, & de croire avec lui, qu'il exiſte dans la Nature des corps véritablement légers, & qui fuient naturellement le centre des graves. Mais ſans examiner ici

la raiſon de ce phénomene, & la cauſe qui détermine certains corps à s'éloigner, plutôt qu'à s'approcher du centre de notre globe; ce qu'on comprendra beaucoup mieux, lorſque nous aurons expoſé les principes de l'hydroſtatique, nous démontrerons par expérience, que ces ſortes de corps ne ſont rien moins que légers. Nous prendrons pour ſujet des expériences que nous nous propoſons de faire à cet égard, les vapeurs & la fumée, nous réſervant à parler de la peſanteur de la flamme, lorſque nous traiterons du feu.

Expérience qui démontre que les vapeurs ſont peſantes.

Un vaiſſeau rempli d'eau, & mis en équilibre dans le baſſin d'une balance, avec un contre-poids ſuffiſant, paroît plus léger quelques heures après avoir été mis en expérience. Le fleau de la balance trébuche & s'abaiſſe du côté du contre-poids (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *plan. VIII, fig.* 3). Or, ce contre-poids n'ayant point acquis de nouveaux degrés de maſſe, il eſt conſtant que les vapeurs qui ſe ſont élevées de la maſſe d'eau, pendant le temps qu'elle eſt reſtée en expérience, ont emporté avec elles une portion de ſon poids. Elles ſont donc peſantes, puiſque, réunies à la maſſe

dont elles se sont séparées, elles augmentoient son poids. Elles sont donc véritablement pesantes, quoiqu'elles s'élevent dans l'atmosphere, & qu'elles paroissent fuir le centre des graves.

Autre *Expérience* qui confirme la même vérité.

(186) L'expérience suivante est encore plus expéditive, & confirme également bien la même vérité. Humectez fortement le cuir qui couvre la platine de la machine pneumatique : posez sur cette platine un récipient mince & un peu haut : donnez quelques coups de piston, & vous verrez les vapeurs s'élever abondamment sous le récipient, ternir plus ou moins ses parois, & retomber aussitôt sur la platine. Elles sont donc pesantes, & il est donc des circonstances où elles sont obligées de céder à l'action de la pesanteur qui les maîtrise. Il en est de même de la fumée, malgré l'activité avec laquelle on la voit se porter à des hauteurs assez considérables dans l'atmosphere. L'expérience suivante est très-propre à confirmer cette vérité.

Expérience qui démontre que la fumée est pesante.

(187) Placez sur la platine de la machine pneumatique, une grosse chandelle allumée : couvrez-la d'un récipient long & étroit, (*Descr. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *plan.* VIII,

VIII, *fig.* 4): faites jouer la pompe ; à peine aurez-vous donné quelques coups de piſton, que la lumiere s'éteindra, & la fumée ſe précipitera ſur la platine, au lieu de s'élever au haut du récipient. Elle eſt donc véritablement peſante. Or, comme il n'y a aucun corps pris dans la claſſe de ceux qu'on regardoit anciennement comme légers, qui ne nous fît obſerver de ſemblables phénomenes, nous devons donc conclure que tous les corps ſont peſans, c'eſt-à-dire, qu'ils ſont tous ſoumis à l'action de la peſanteur ; car c'eſt dans ce ſens qu'on doit entendre ici le terme *peſant.*

(188) Il ne faut point, en effet, confondre, comme on le fait aſſez ordinairement, le *poids* d'un corps avec ſa *peſanteur.* Le poids dans un corps, déſigne préciſément la ſomme de ſes parties peſantes, ou plus communément ce qu'il peſe, lorſqu'on le met en équilibre avec un poids connu. La peſanteur, au contraire, exprime la force avec laquelle ce corps tend au centre des graves, ou mieux encore, la viteſſe avec laquelle il ſe porteroit vers ce centre, ſi, abandonné à lui-même, il ne rencontroit point d'obſtacle qui s'oppoſât à cet effet. Or,

Différence entre le poids d'un corps, & ſa peſanteur.

de quelle maniere la peſanteur agit-elle ſur tous les corps ? Avec quelle vîteſſe ſont-ils tous portés vers le centre des graves ? Cette queſtion va faire l'objet du paragraphe ſuivant.

PARAGRAPHE SECOND.

De l'uniformité de l'action de la peſanteur ſur tous les corps.

(189) C'eſt bien plus particuliérement ici qu'il convient d'être en garde contre le témoignage des ſens, & qu'on doit faire uſage des principes de la méchanique, pour décider la queſtion dont il s'agit dans ce paragraphe. Qui ne ſeroit porté à croire qu'il y a des corps plus peſans les uns que les autres, ſi on s'en rapportoit à ce qu'on obſerve habituellement dans la chûte de ces corps ? Qui pourroit s'imaginer, par exemple, qu'une boule de liege eſt auſſi peſante, auſſi maîtriſée par l'action de la peſanteur, qu'une balle de plomb, lorſqu'on voit cette derniere ſe porter avec une vîteſſe incomparablement plus grande vers le centre de notre globe ? Ce fut auſſi ce qui induiſit nos ancêtres en erreur, & ce qui leur fit imaginer

Erreur des Anciens ſur la peſanteur.

qu'il y avoit des corps plus pesans les uns que les autres. Jugeant, en effet, de leur pesanteur, par le temps de leur chûte, ils crurent de bonne foi, qu'un corps qui portoit plus de masse avec lui, avoit proportionnellement plus de pesanteur. Ils imaginerent donc que la pesanteur dans les corps, suivoit la raison directe des masses, & qu'un corps, dont la masse étoit double, se précipitoit une fois plus vîte vers le centre des graves.

(190) *Epicure*, *Lucrèce* (1), & quelques autres cependant, surent se garantir de cette erreur. Ils soupçonnerent très-bien la fausseté de cette opinion; mais *Galilée* fut le premier qui la démontra (2). Plus exact dans ses observations, il fit tomber de la même hauteur des boules de matieres différentes, d'or, de plomb, de porphyre, de cuivre, de cire, &c. & il remarqua très-bien qu'il s'en falloit de beaucoup que ces corps tombassent avec des vîtesses proportionnelles à leurs masses. La boule de cire, quoiqu'incomparablement moins pesante que les boules de métal, arri-

Cette erreur ne fut point générale.

(1) Lucretius, lib. 2, v. 238.

(2) Galileus, mech. dial. 1.

voit preſque auſſi promptement à la fin de ſa chûte. Elle n'étoit devancée que de quatre doigts par les autres : d'où il conclut que la peſanteur ne ſuivoit point dans les corps, comme on l'avoit cru juſqu'alors, la raiſon directe des maſſes.

Le D. *Deſaguilliers* confirma parfaitement cette vérité, & la mit dans tout ſon jour, par nombre d'expériences qu'il fit ſur le haut de la coupole de Saint Paul de Londres, d'où il laiſſa tomber des corps de différentes eſpeces, ayant ſoin de comparer exactement leurs maſſes aux temps de leurs chûtes. Parmi la multitude d'expériences qu'il fit à ce ſujet, & qu'il décrit (1), je choiſis celle-ci comme démonſtrative. Il prit deux boules, l'une de verre, & l'autre de veſſie enflée d'air, dont les poids étoient dans le rapport de dix-neuf à un, à très-peu de choſes près Il les laiſſa tomber l'une & l'autre du même endroit, pris ſur la coupole. La plus peſante arriva en ſix ſecondes & un quart, & l'autre employa dix-huit ſecondes trois quarts pour parcourir le même eſpace. Les vîteſſes avec leſquelles ces balles tomberent, ſuivirent donc un rap-

(1) Deſaguilliers, Cours de Phyſ. exp. t. 1.

port bien différent de celui de leurs maſſes, puiſque ce dernier étant de dix-neuf à un, celui de leur vîteſſe fut de trois à un.

Il ne faut donc point confondre, avec les Anciens, le poids des corps avec leur peſanteur, ni ſe perſuader que ſi un corps, dont la maſſe eſt plus grande, arrive plus promptement à la fin de ſa chûte, qu'un autre corps dont la maſſe eſt moindre, le premier ſoit plus maîtriſé par la peſanteur qui les ſollicite l'un & l'autre vers le centre des graves.

(191) Chaque partie qui conſtitue la maſſe d'un corps, jouit, à la vérité, d'une tendance donnée vers le centre des graves, ou pour rendre cette idée plus claire & plus facile à ſaiſir, chaque degré de maſſe dans un corps, jouit d'un degré de peſanteur, qui le détermine & qui le porte, avec un degré de force, vers le centre de notre globe. Mais quoiqu'un corps réuniſſe pluſieurs degrés de maſſe, & conſéquemment pluſieurs degrés de peſanteur, il ne doit point, pour cela, arriver plus promptement au centre des graves.

Maniere d'enviſager la peſanteur dans les corps.

On doit effectivement raiſonner de la même maniere, par rapport aux différens degrés de peſanteur qui s'accumulent dans un corps,

à raiſon du plus grand nombre de parties dont il eſt compoſé, que par rapport aux différens degrés de force qu'on imprime à un corps pour le faire mouvoir. Quoiqu'on emploie une plus grande quantité de force à mouvoir un corps, dont la maſſe eſt plus grande, on ne le meut pas plus vîte qu'un autre corps dont la maſſe eſt moindre, ſi on augmente la force dans la même proportion, que la maſſe du premier eſt ſupérieure à celle du ſecond. La peſanteur, ou la tendance avec laquelle les corps ſont portés vers le centre de la terre, eſt donc la même dans tous les corps, quoi qu'il en ſoit de leur maſſe. Pourquoi n'obéiſſent-ils donc pas tous également à cette force qui les maîtriſe, & ne tombent-ils pas tous avec la même vîteſſe? Cela vient des différences qu'ils éprouvent, dans la réſiſtance du milieu qu'ils ont à traverſer. Supprimez cette réſiſtance, & vous les verrez tous ſe mouvoir avec la même viteſſe. L'expérience que le célebre *Newton* imagina à cet effet, eſt on ne peut plus déciſive (1).

(1) Newton, prin. philoſ. nat.

Renfermez des corps de différentes eſpeces, dans un tube de verre, long de trois à quatre pieds, un morceau de plomb, par exemple, & un morceau de papier de même grandeur (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. VIII, fig.* 5): renverſez alternativement ce tube de haut en bas, tandis qu'il eſt encore rempli d'air ; le plomb arrivera au fond de ce tube, & le papier n'aura encore parcouru que les deux tiers, ou les trois quarts de ſa longueur. Faites le vuide dans ce tube, auſſi exactement qu'il eſt poſſible, & renverſez-le enſuite comme précédemment. Vous n'obſerverez aucune différence ſenſible dans le temps de la chûte de ces deux corps.

Expérience qui prouve que la chûte des corps ſe fait avec la même vîteſſe dans le vuide.

Pour ſaiſir facilement la raiſon de ce phénomene, ſuppoſons que le morceau de plomb peſe douze fois plus que le papier. Leurs maſſes ſeront donc entre elles dans le rapport de douze à un, & nous pourrons dire que le plomb eſt compoſé de douze degrés de maſſe, & que le papier n'en contient qu'un ſeul degré. Mais chaque degré de maſſe eſt animé d'un degré de peſanteur, qui le détermine vers le centre de notre globe. Le plomb eſt donc maîtriſé par douze degrés

Raiſon de ce phénomene.

de peſanteur, & le papier par un ſeul. Or, malgré cette différence, ils ne doivent pas ſe mouvoir plus vîte l'un que l'autre dans le vuide, puiſque douze degrés de peſanteur, appliqués à douze degrés de maſſe, & employés à les faire mouvoir, ne peuvent produire plus d'effet qu'un ſeul degré de peſanteur, deſtiné à faire mouvoir un ſeul degré de maſſe. Ils doivent donc ſe mouvoir avec la même vîteſſe, lorſque rien ne leur fait obſtacle, & conſéquemment ils doivent parcourir dans le même-temps, la longueur du tube, lorſqu'il eſt vuide. Mais pourquoi le même effet n'a-t-il pas lieu, lorſque ce tube eſt rempli d'air? En voici la raiſon.

Suppoſons que, pour parcourir la longueur de ce tube, la maſſe d'air dont il eſt rempli, oppoſe une réſiſtance propre à conſumer un demi-degré de peſanteur. Le papier perdra donc la moitié de ſa force, tandis que le morceau de plomb, jouiſſant de douze degrés de peſanteur, ou de vingt-quatre demi-degrés, ne perdra qu'un vingt-quatrieme de la ſienne. Il ſera donc moins retardé dans ſa chûte, & conſéquemment il ſe mouvra plus vîte que le papier.

Il réſulte de tout ce que nous avons obſervé

juſqu'à préſent ſur la peſanteur, que tous les corps ſont ſoumis à l'action de cette force, & qu'ils y ſont tous également ſoumis, c'eſt-à-dire, qu'ils ont tous naturellement la même tendance vers le centre des graves. Il reſte encore à déterminer ſi l'action de la peſanteur eſt la même, ſi ſon intenſité ſe fait ſentir de la même maniere dans tous les climats de la terre.

L'action de la peſanteur n'eſt pas la même dans tous les climats.

(192) Ce ne fut qu'en 1672 que M. *Richer* eut occaſion de ſoupçonner que l'action de la peſanteur étoit variable, & qu'elle n'étoit point exactement la même dans tous les climats de la terre ; & voici ce qui lui donna occaſion de former ce ſoupçon (1).

Tranſporté à la Cayenne, ſituée à cinq degrés de latitude, il obſerva que les pendules qu'il y avoit apportés, quoique parfaitement réglés, pour meſurer des ſecondes à Paris, y meſuroient des temps ſenſiblement plus longs, puiſqu'il fut obligé de les raccourcir d'une ligne & un quart, pour leur faire battre des ſecondes. M. *Richer* s'en prit d'abord à la température du lieu. Il imagina que la chaleur étant plus grande

(1) Hiſt. de l'Acad. des Scien. an. 1679.

à la Cayenne qu'à Paris, il pouvoit ſe faire que les verges de ſes pendules ſe fuſſent allongées. Ce ſoupçon n'étoit pas ſans fondement; & nous le confirmerons, lorſque nous traiterons du feu & de ſon action ſur les corps qu'il pénetre. Mais réfléchiſſant ſur la quantité dont il avoit été obligé de raccourcir ſes pendules, & comparant, autant qu'il étoit poſſible, l'excès de température auquel il vouloit attribuer ce phénomene, il fut convaincu que cette cauſe ne pouvoit influer d'une maniere auſſi ſenſible ſur ſes inſtrumens. Ce fut donc alors qu'il commença à ſoupçonner que l'action de la peſanteur pouvoit être plus foible vers l'équateur, que dans une plus grande latitude, & il s'en tint à cette opinion.

Conteſtation à ce ſujet.

L'obſervation de M. *Richer*, & conſéquemment ſon opinion ſur le rallentiſſement de l'effet de la peſanteur, ne fut point univerſellement goûtée. Elle étoit tout-à-fait contraire à une obſervation faite par M. *Picard*, en préſence de MM. *Bartholin*, *Spole*, *Reomer*, qui aſſuroient tous que le pendule d'Uranibourg, à $55^{o}.\ 54'$ de latitude, étoit exactement de même longueur que celui de Paris. M. *Picard* prit même cette con-

teſtation fort à cœur. Il parcourut en conſéquence toutes les Provinces méridionales de la France ; & lorſqu'il fut à Lyon, où M. *Mouton* aſſuroit que le pendule devoit être raccourci de deux lignes, il y fit de nouvelles obſervations, qui parurent le confirmer dans l'opinion contraire. En continuant ſes courſes, il crut que le pendule de Paris ſe trouvoit encore fort exact à Sette, petite bourgade voiſine de Montpellier, mais beaucoup plus méridionale que Lyon. Il fit encore d'autres obſervations à Bayonne, & il les fit avec M. *de la Hire*. Ils atteſterent l'un & l'autre que le pendule devoit avoir en cet endroit, préciſément la même longueur qu'à Paris, pour meſurer exactement des ſecondes.

Cette conteſtation entre des Savans auſſi connus, laiſſa pendant long-temps la queſtion indéciſe, & on fut obligé de recueillir nombre d'obſervations faites avec toute l'exactitude poſſible, avant de prononcer ſur un fait de cette importance. MM. *Deshaies*, *Varin*, *Halley* ſe chargerent de ce ſoin (1); & d'après l'examen des travaux de ces grands

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1700.

hommes, on convint unanimement que l'action de la pesanteur alloit en augmentant de l'équateur aux poles.

Découverte de Newton.

(193) Parmi les différens Astronomes qui s'occuperent de cette recherche, personne ne poussa aussi loin ses découvertes que le célebre *Newton*. Ce fut lui qui parvint à calculer les différens degrés d'accroissement que l'effort de la pesanteur acquiert en s'éloignant de l'équateur, & il crut que l'action de cette force sur les corps qui sont situés vers les poles, est à celle qu'elle exerce sur ceux qui sont à l'équateur, dans le rapport de 230 à 229. Il crut même que cette force de l'équateur aux poles, augmentoit, à très-peu de choses près, comme le quarré de la latitude (1); ce qui fournit un moyen assez exact, pour déterminer les longueurs qu'il convient de donner à un pendule, pour lui faire battre exactement des secondes, dans une latitude donnée.

Premiere idée sur l'affoiblissement de la pesanteur vers l'équateur.

(194) Dès qu'on fut bien persuadé que l'action de la pesanteur n'étoit pas la même dans tous les climats de la terre, & qu'elle alloit en augmentant de l'équateur aux poles,

(1) Newton, prin. phil. nat. lib. 3, pro. 20.

on commença par soupçonner que cette variation devoit être attribuée à la force centrifuge, dont nous parlerons plus bas. Cette force étant, en effet, directement opposée à l'action de la pesanteur, puisqu'elle tend à éloigner les corps qui se meuvent circulairement, ou dans toute autre courbe quelconque, du centre de leur rotation, il étoit d'autant plus naturel d'avoir recours à cette force, qu'elle va effectivement en augmentant des poles à l'équateur. Voici donc comment on raisonna.

La terre se meut continuellement sur son axe, & fait une révolution en vingt-quatre heures. Tous les corps qui sont à sa surface, ou qui sont plongés dans son atmosphere, participent donc au mouvement circulaire de la terre, & se meuvent avec elle. Ils sont donc tous animés d'une force centrifuge, à laquelle ils obéiroient, s'ils n'étoient retenus par la force de la pesanteur qui les maîtrise vers le centre du globe terrestre. Mais la force centrifuge étant plus grande à l'équateur, où les corps décrivent un plus grand cercle que dans toute autre latitude, cet excès de force centrifuge doit diminuer d'autant l'effet de la pesanteur.

Ce raiſonnement en impoſa d'abord aux plus célebres Phyſiciens. Ils crurent tous que l'affoibliſſement de la peſanteur, des poles à l'équateur, dépendoit de l'accroiſſement de la force centrifuge, qui alloit effectivement en augmentant ſelon cette direction ; & ce ne fut que M. *Bouguer* qui démontra le premier la fauſſeté de cette idée. Cet habile Aſtronome calcula, avec toute l'exactitude dont il étoit capable, la valeur de la force centrifuge, à différentes latitudes. Il fit à cet égard, pluſieurs opérations curieuſes, dont il dreſſa des tables, & on y voit manifeſtement que le rallentiſſement de la peſanteur, tel qu'on l'obſerve des poles à l'équateur, ne ſuit point exactement la proportion ſelon laquelle la force centrifuge augmente ſelon la même direction.

Obſervation de M. Bouguer.

On ne peut cependant ſe refuſer à croire que l'accroiſſement de la force centrifuge, n'entre pour quelque choſe dans ce phénomene ; mais il eſt également conſtant que la peſanteur, abſtraction faite de l'obſtacle que la force centrifuge lui oppoſe, varie de moins en plus, de l'équateur aux poles ; ce qui vient de la figure de la terre, & des différentes diſtances à ſon centre, où ſe trouvent

Cauſes du phénomene précédent.

néceſſairement placés les corps ſublunaires. Il paroît donc plus naturel d'attribuer le phénomene dont il eſt ici queſtion, à l'action ſimultanée de pluſieurs cauſes qui paroiſſent effectivement y concourir.

Quoique l'action de la peſanteur ſoit variable; quoiqu'elle ſoit plus ou moins énergique dans certains endroits que dans d'autres, elle eſt néanmoins conſtante, en ce qu'elle agit de la même maniere, & en ce qu'elle produit des effets ſemblables ſur tous les corps qu'elle maîtriſe. L'examen & le développement de ces effets feront la matiere du paragraphe ſuivant.

PARAGRAPHE TROISIEME.

Des effets de la peſanteur ſur les corps qu'elle maîtriſe.

(195) Tout corps abandonné à lui-même, peut ſe mouvoir perpendiculairement ou obliquement à l'horiſon. Dans l'un & dans l'autre cas, il eſt également ſoumis à l'action de la peſanteur, avec cette différence ſeulement que l'intenſité de cette force ſe décele d'une maniere plus énergique dans le premier, que dans le ſecond de ces deux cas;

Diviſion de ce paragraphe.

& c'eſt ce que nous allons obſerver dans les deux nombres ſuivans.

NOMBRE PREMIER.

Des effets de la peſanteur ſur les corps qui ſe meuvent librement & perpendiculairement à l'horiſon.

Principe général.

(196) On convient unanimement que la peſanteur eſt une force conſtante qui agit continuellement ſur les corps ſoumis à ſon action. En faiſant donc abſtraction de tout obſtacle propre à rallentir l'effet de cette force, on peut la conſidérer dans un temps fini & déterminé, comme un nombre de petits degrés de force, égaux entre eux, & accumulés les uns ſur les autres; d'où il ſuit:

Corollaire I.

1°. Que tout corps ſoumis à l'action de la peſanteur doit accélérer ſon mouvement, puiſqu'à chaque inſtant infiniment petit, il reçoit une nouvelle impreſſion qui ſe joint à celle, ou celles qu'il a déja reçues, & qu'on ſuppoſe tout obſtacle éloigné.

Corollaire II.

2°. Que les degrés de vîteſſe qu'un mobile acquiert en tombant, ſont directement comme les inſtans infiniment petits, qui s'écoulent

coulent pendant le temps de sa chûte. On peut donc représenter ces degrés de vîtesse par la suite directe des nombres naturels 1, 2, 3, 4, &c. jusqu'à l'infini. De-là, si, à la fin d'un instant infiniment petit, le mobile a acquis un degré de vîtesse, il en aura acquis deux, à la fin du second instant semblable au premier, trois à la fin du troisieme instant, & ainsi de suite. D'où il suit, que si un mobile continuoit à se mouvoir avec la seule vîtesse acquise, pendant un instant fini & déterminé; il parcourroit, l'instant suivant & semblable au premier, un espace double de celui qu'il auroit parcouru pendant toute la durée du premier instant. C'est une vérité dont on ne peut trop s'assurer, si on veut se former une idée juste des espaces qu'un corps parcourt, à raison de la pesanteur qui le maîtrise & qui le fait tomber.

Pour la saisir comme il convient, il faut considérer qu'une force acquise successivement, & par degrés, pendant un instant donné, n'est que la moitié d'une même force entiérement acquise, & qui produit tout son effet, pendant la durée d'un instant semblable. Autre principe.

(197) Divisons en effet, cet instant en dix Démonstration.

petites parties semblables entre elles, & conséquemment la vîtesse, ou la force que le mobile acquiert pendant la durée de cet instant en dix portioncules pareillement semblables entre elles. Il est manifeste qu'à la fin de la premiere partie de cet instant, qui n'est qu'un dixieme de l'instant total, le mobile n'a encore acquis qu'un dixieme de la vîtesse qu'il doit acquérir, pendant toute la durée de cet instant. A la fin de la seconde partie de ce même instant, il ne jouit encore que de deux dixiemes de cette même vîtesse, & ainsi de suite, jusqu'à ce que parvenu à la dixieme partie de l'instant total, il jouit alors des dix dixiemes de cette vîtesse, ou du degré entier de vîtesse qu'il a successivement acquise pendant la durée de cet instant. Or, comme les effets sont toujours proportionnels aux causes qui les produisent, l'espace que le mobile parcourt pendant cet instant, doit être nécessairement comme les petites portions de force ou de vîtesse qu'il a successivement acquises, lesquelles sont représentées par un dixieme, deux dixiemes, trois dixiemes, & ainsi de suite. Si on prend donc la somme totale de ces parties, on aura la somme des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, & elle sera égale à 55.

Maintenant faiſons mouvoir ce mobile, pendant un ſecond inſtant ſemblable au premier, mais avec toute la force acquiſe à la fin de ce premier inſtant. Cette force ſera égale à dix dixiemes, comme nous venons de le démontrer. Ce ſecond inſtant étant pareillement diviſé en dix parties, pendant chacune deſquelles le mobile jouit de dix dixiemes de force, & conſéquemment de vîteſſe : l'eſpace qu'il parcourra ſera donc égal au produit de dix dixiemes, par dix dixiemes; ou a dix dixiemes répétés dix fois, & conſéquemment égal à 100.

D'où il ſuit que, ſi l'eſpace parcouru pendant le premier inſtant, pendant lequel nous avons ſuppoſé que le mobile acquiert ſucceſſivement dix dixiemes de force; ſi cet eſpace, dis-je, doit être repréſenté par 55, celui qu'il parcourra pendant le ſecond inſtant, avec la force ſeule qu'il aura acquiſe pendant la durée du premier inſtant, ſera repréſenté par 100.

Ces deux eſpaces, ainſi que les vîteſſes du mobile pendant la durée de ces deux inſtans, ſeront donc entre eux comme 55 eſt à 100: mais prenant ici 50 pour 55, on conclura que l'eſpace parcouru pendant un inſtant, en

vertu de la force acquiſe ſucceſſivement pendant la durée de cet inſtant, n'eſt que la moitié de l'eſpace, que le même mobile parcourroit, dans un inſtant ſemblable, s'il ſe mouvoit avec toute la force acquiſe dans l'inſtant précédent. Conſéquemment ſi un mobile continue à ſe mouvoir pendant un ſecond inſtant, ſemblable au premier, avec toute la force qu'il aura acquiſe dans ce premier inſtant, il parcourra néceſſairement un eſpace double de celui qu'il aura parcouru pendant le premier inſtant.

Obſervation. Conformément à la maniere ſelon laquelle nous venons de conſidérer un degré de viteſſe qui s'acquiert, pendant la durée d'un inſtant; nous avons trouvé qu'il produit un peu plus de la moitié de l'effet que produit, dans le même inſtant, un degré de viteſſe entiérement acquis; puiſque ces effets ſont entre eux dans le rapport de 55 à 100: mais cet excès ne produit point une erreur ſenſible, puiſqu'on peut concevoir un inſtant fini & déterminé, ainſi que la viteſſe acquiſe pendant ce temps, comme deux quantités diviſibles à l'infini. Nous euſſions donc pu diviſer l'un & l'autre en un nombre infini de parties, au lieu de dix que nous avons préférées pour

la commodité du calcul. Dans ce dernier cas, l'erreur n'eût été que de cinq infinitiemes. Or, cinq infinitiemes comparés à une quantité finie & déterminée, ſont réputés zéro, comme on le démontre dans le calcul des infinis. Nous pouvons donc conclure qu'un degré de vîteſſe entiérement acquis, produit un effet double de celui que produit le même degré de vîteſſe, qui ne s'acquerroit que ſucceſſivement. Veut-on une démonſtration plus rigoureuſe de cette importante vérité? celle de *Galilée* (1) eſt on ne peut plus ſatisfaiſante; elle ne ſuppoſe qu'une légere connoiſſance de Géométrie.

(198) Ce célebre Mathématicien repréſente la ſomme des vîteſſes acquiſes pendant un inſtant fini & déterminé par l'aire d'un triangle rectangle. Autre démonſtration.

Soit, dit-il, le triangle rectangle B A D (plan. 4, fig. 2.) dont la hauteur B A ſoit diviſée en parties que nous ſuppoſerons infiniment petites & égales B 1, 2, 3, 4, 5, &c. de tous les points de diviſions, ſoient menées les ordonnées 1 *a*, 2 *b*, 3 *c*, 4 *d*, 5 *e*, &c. Plan. 4, fig. 2.

1°. Chaque portion priſe dans la hauteur

(1) Galileus, mech. dial. 1.

B A, exprimera les instans infiniment petits, du temps fini & déterminé par cette hauteur B A du triangle.

2°. Chaque ordonnée représentera la vîtesse acquise dans chaque instant infiniment petit : car de même qu'une vîtesse croît uniformément, de même chaque ordonnée croît uniformément selon la même progression *o*, 1, 2, 3, 4, 5, &c. les triangles en effet B 1 *a*, B 2 *b*, étant semblables, on a 1 *a* est à 2 *b*, comme B 1 est à B 2. La somme des ordonnées, ou l'aire du triangle rectangle B A D, représentera donc parfaitement la somme des vîtesses acquises pendant un temps fini & déterminé, désigné par B A.

3°. On démontre par là qu'une vîtesse acquise, pendant un instant fini & déterminé, & qui demeure uniformément la même, pendant un second instant semblable au premier, est le double d'une vîtesse acquise pendant le premier instant.

On vient en effet de démontrer qu'une vîtesse acquise pendant un instant fini, pouvoit être représentée par l'aire d'un triangle rectangle B A D, & que les différens degrés de vîtesse acquis pendant tous les instans infiniment petits, qui concourent à former cet

instant fini, pouvoient être représentés par les ordonnées à ce triangle. Or, le dernier degré de vîtesse acquis à la fin de cet instant fini, est représenté par la base A D de ce même triangle, & est supposé demeurer constamment le même, pendant un second instant semblable au premier, c'est-à-dire, composé d'un nombre d'instans infiniment petits. La vîtesse de ce second instant doit donc être représentée par les ordonnées d'un rectangle A D E C, de même base & de même hauteur que le triangle B A D. Mais on démontre en Géometrie, qu'un triangle quelconque n'est que la moitié d'un rectangle de même base & de même hauteur; par conséquent une vîtesse acquise pendant un temps fini & déterminé, & qui demeure uniforme, est double d'une vîtesse acquise pendant un instant semblable au précédent.

L'espace qu'un mobile parcourt, en vertu d'une vîtesse acquise pendant un instant fini & déterminé, & qui demeure uniforme pendant cet instant, est donc double de l'espace que parcourroit ce même mobile, dans le même temps, en vertu d'une vîtesse qu'il n'acquerroit que successivement.

(199) On nomme communément *vîtesse* Vîtesse accélérée & uniforme.

accélérée, celle que le mobile acquiert ſucceſſivement, pendant toute la durée d'un inſtant fini & déterminé. On appelle *viteſſe uniforme*, celle qu'on conçoit comme entiérement acquiſe, & en vertu de laquelle il continue à ſe mouvoir, pendant la durée de l'inſtant ſuivant.

Corollaire I. (200) Il ſuit du principe que nous venons de démontrer, 1°. que ſi la peſanteur qui anime un mobile, & qui le fait tomber, ceſſe d'agir contre lui à la fin, par exemple, du premier inſtant, ce mobile continuera à ſe mouvoir pendant le ſecond inſtant, & pendant tous les autres inſtans conſécutifs & ſemblables au premier, en vertu de la force qu'il aura acquiſe ſucceſſivement, pendant toute la durée du premier inſtant. Il parcourra donc conſtamment pendant chacun de ces inſtans ſucceſſifs, un eſpace double de celui qu'il aura parcouru, pendant le premier inſtant; puiſque la viteſſe accélérée qu'il aura acquiſe, pendant la durée de celui-ci, deviendra & demeurera uniforme pendant tous les autres inſtans.

Corollaire II. (201) 2°. Que tout corps qui ſe meut pendant pluſieurs inſtans, en vertu de la peſanteur qui le maîtriſe, ſe meut, à commencer

dès le second instant, en vertu de deux forces, dont l'une est uniforme, & l'autre accélérée. Il se meut, en effet, pendant le second instant, en vertu de la force qu'il a successivement acquise pendant le premier instant, laquelle devient uniforme pendant le second, & en vertu de celle qu'il acquiert successivement pendant toute la durée de ce dernier.

(202) 3°. Que les espaces qu'un mobile parcourt dans sa chûte, lorsqu'elle est continuée pendant plusieurs instans, croissent comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. c'est-à-dire, que dans le second instant, il parcourt un espace triple de celui qu'il a parcouru pendant le premier instant, qu'il en parcourt un quintuple pendant le troisieme instant, & ainsi de suite. Corollaire III.

Nous venons de démontrer, en effet, qu'un corps soumis à l'action de la pesanteur, & qui continue à se mouvoir, se meut pendant le second instant, & en vertu de la force acquise pendant le premier instant, & en vertu de celle qu'il acquiert pendant la durée du second. Mais la force qu'il a acquise successivement pendant le premier instant, devenant uniforme & permanente pendant toute la durée du second, elle lui fait

parcourir un eſpace double de celui qu'il a parcouru pendant le premier inſtant. Joignez maintenant à cette force, celle qu'il acquiert ſucceſſivement pendant la durée de cet inſtant, laquelle étant tout-à-fait ſemblable à celle qu'il a acquiſe pendant la durée du premier inſtant, produit encore ſur lui le même effet qu'elle a produit pendant toute la durée de celui-ci. Il parcourt donc encore, en vertu de cette derniere, un eſpace ſemblable à celui qu'il a parcouru pendant le premier inſtant. L'eſpace total parcouru pendant le ſecond inſtant, eſt donc triple de celui du premier inſtant.

Parvenu à la fin du ſecond inſtant, le mobile jouit alors de deux degrés de force; l'un & l'autre uniformes, pendant le troiſieme inſtant. Or, chaque degré de viteſſe uniforme, produiſant un eſpace double de celui que le mobile a parcouru dans le premier inſtant, il parcourt donc pendant le troiſieme inſtant, en vertu de ces deux degrés de viteſſe uniforme, un eſpace quadruple; mais l'action de la peſanteur ſe développant encore contre ce mobile, pendant toute la durée de cet inſtant, & produiſant conſtamment le même effet, elle lui fait parcourir un eſpace

ſemblable à celui qu'il a parcouru pendant le premier inſtant. Il parcourt donc pendant la durée du troiſieme inſtant, un eſpace cinq fois plus grand que celui qu'il a parcouru dans le premier. Or, en continuant le même raiſonnement pour tous les inſtans conſécutifs, on ſe convaincra que les eſpaces parcourus, en vertu d'une force uniforme, jointe à une force accélératrice, ou en vertu de la peſanteur qui maîtriſe un corps pendant pluſieurs inſtans conſécutifs, on ſe convaincra, dis-je, que ces eſpaces croiſſent comme la ſuite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, &c.

L'expérience juſtifie on ne peut mieux cette théorie. Nous ſavons qu'un corps abandonné perpendiculairement à lui-même, dans le climat de Paris, parcourt quinze pieds pendant la durée de la premiere ſeconde de ſa chûte. En meſurant donc le temps de la chûte d'un corps par des ſecondes, on verroit, ſi l'expérience étoit aſſez commode à pratiquer, qu'il parcourt quinze pieds pendant la premiere ſeconde, quarante-cinq pendant la ſuivante, ſoixante-quinze pendant la durée de la troiſieme ſeconde, & ainſi de ſuite. Mais comme il ſeroit trop

difficile d'exécuter de pareilles opérations ; on a trouvé des moyens de meſurer plus commodément les eſpaces parcourus pendant une ſuite donnée d'inſtans conſécutifs. Nous en parlerons dans le paragraphe ſuivant.

Corollaire IV. (203) 4°. Il ſuit encore du même principe, que les eſpaces parcourus d'un mouvement uniformément accéléré, à compter depuis le premier eſpace, ſont entre eux comme les quarrés des temps employés à les parcourir.

Galilée fut le premier qui démontra la vérité de cette propoſition. *Grimaldi* & *Riccioli* la confirmerent par des expériences très-curieuſes à la vérité ; mais elle ſuit trop manifeſtement du dernier corollaire, pour exiger une démonſtration particuliere.

Un corps, en effet, qui ſe meut d'un mouvement accéléré, parcourt des eſpaces qui croiſſent entre eux comme la ſuite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. par conſéquent à la fin du ſecond inſtant, le mobile a parcouru un eſpace comme quatre ; ſavoir, un eſpace comme un, pendant le premier, & un eſpace comme trois, pendant le ſecond inſtant, leſquels pris enſemble font un eſpace

comme quatre à la fin du ſecond inſtant. Or, quatre eſt le quarré de deux. A la fin du troiſieme inſtant, pendant lequel il parcourt cinq eſpaces, la totalité de l'eſpace parcouru eſt comme neuf, quarré de trois. A la fin du quatrieme inſtant, pendant lequel ce mobile parcourt un eſpace comme ſept, la totalité de l'eſpace parcouru eſt égale à ſeize, quarré de quatre, & ainſi de ſuite. Un corps qui ſe meut d'un mouvement uniformément accéléré, parcourt donc des eſpaces qui ſont entre eux, à compter depuis le premier eſpace, comme les quarrés des temps qu'il a employés à les parcourir. On peut donc regarder le temps qu'il met à les parcourir, comme la racine quarrée des eſpaces parcourus : mais nous avons démontré (195, corol. 2.) que les degrés de vîteſſe qu'il acquiert, croiſſent comme le temps pendant lequel il les acquiert. On peut donc dire pareillement que les vîteſſes acquiſes par un corps ſoumis à l'action de la peſanteur, ſont elles-mêmes comme les racines quarrées des eſpaces qu'il parcourt.

(204) D'où il ſuit, 1°. que ſi on connoît le temps qu'un corps a employé à tomber d'une certaine hauteur, on pourra déterminer aiſément cette hauteur. Suppoſons, par exem-

Problême I. Découvrir par le temps de la chûte, l'eſpace parcouru.

ple, qu'un corps ait employé six secondes à tomber. Voici comment on résoudra ce problême : le quarré d'une seconde, temps que le mobile emploie à parcourir les quinze premiers pieds, dans le climat de Paris, est au quarré de six secondes, comme l'espace quinze pieds est à l'espace qu'on cherche, on fera donc la regle de proportion suivante.

$$1 : 36 :: 15 : \times = 540.$$

On trouvera donc, en effectuant cette regle, que le mobile qui se meut librement pendant six secondes, parcourt cinq cent quarante pieds, en vertu de la pesanteur qui le fait tomber.

Problême II. Découvrir le temps de la chûte par l'espace parcouru.

2°. Si on connoît la hauteur d'où un mobile est parvenu, en vertu de sa pesanteur, on pourra connoître facilement le temps qu'il aura employé à parcourir cette hauteur. On fera pour cela l'opération suivante. Quinze pieds que ce mobile a parcourus pendant la premiere seconde de sa chûte, sont au nombre de pieds d'où il est tombé, comme le quarré d'une seconde, est au quarré du temps cherché. Supposons donc qu'il soit tombé de neuf cent soixante pieds de hauteur, on fera la proportion suivante.

$$15 : 960 :: 1 : \times = 64.$$

Mais ce quatrieme terme ſoixante-quatre, exprime le quarré du temps de la chûte ; il faut donc extraire la racine quarrée de ce nombre. Cette racine étant huit, on ſaura alors que le mobile a employé huit ſecondes, à tomber de la hauteur de neuf cent ſoixante pieds.

Le mouvement accéléré ſe change quelquefois en uniforme.

(205) Il paroîtroit naturel de conclure de tout ce que nous venons de dire juſqu'à préſent, qu'un corps qui tomberoit de fort haut, devroit arriver vers la ſurface de la terre, avec une vîteſſe énorme & propre à lui faire produire un très-grand effort, contre un autre corps qu'il rencontreroit ſur ſon paſſage. C'eſt effectivement ce qui arrive quelquefois, lorſque la grêle, par exemple, ſe précipite d'une certaine hauteur : elle briſe les vitres des maiſons ; elle ravage les moiſſons ; elle abat les arbres & leurs fruits ; elle ſaccage les vignes ; elle tue quelquefois les animaux, &c. mais ces effets n'ont lieu que lorſqu'elle porte avec elle une maſſe un peu conſidérable. Elle ne feroit cependant pas moins malfaiſante en toute autre circonſtance, ſi la force d'un corps qui tombe vers la ſurface de notre globe, & qui traverſe ſon atmoſphere, n'étoit mitigée par la réſiſtance

que l'air lui oppoſe pendant ſa chûte. Cette réſiſtance croiſſant, toutes choſes égales d'ailleurs, comme le quarré de la vîteſſe avec laquelle le corps tombe (165), elle rallentit plus ou moins ſenſiblement la vîteſſe du mobile.

On attribue en grande partie à cette cauſe, le mouvement uniforme auquel parviennent, après un certain temps, tous les corps qui tombent d'une très-grande hauteur. Les corps, dit très-bien l'Abbé *Nollet* (1), arrivent plutôt ou plus tard à ce mouvement uniforme, ſelon la denſité des milieux qu'ils traverſent, ou ſelon qu'ils ont plus ou moins de volume avec la même maſſe. Il confirme même cette idée, par ce qu'on voit communément arriver dans la chûte de pluſieurs corps, dont les maſſes ſont différentes, & qui tombent tous de la même hauteur.

Obſervation ſur ce phénomene.

Nous ne diſconviendrons point que la réſiſtance des milieux ne contribue beaucoup à rallentir la vîteſſe des corps qui tombent, & ne concourt à la production du mouvement uniforme auquel on les voit parvenir. Mais outre cette cauſe qui ne peut que hâter plus

(1) Nollet, Leçons de Phyſ. expérim.

ou

ou moins l'inſtant où cette effet peut avoir lieu ; il paroît plus naturel de croire qu'un corps qui tombe d'une très-grande hauteur, pourroit encore acquérir un mouvement ſenſiblement uniforme, après une certaine durée de temps, lors même qu'il n'auroit à eſſuyer aucune réſiſtance de la part du milieu qu'il eſt obligé de traverſer.

Nous avons démontré (202) que les eſpaces parcourus, en vertu de l'action de la peſanteur, croiſſent comme la ſuite directe des nombres 1, 3, 5, 7, &c. par conſéquent lorſque ces eſpaces ſeront repréſentés par de très-grands nombres, tels que 101, 103, 105, &c. leur différence deviendra très-petite, & elle diminuera encore à proportion que ces eſpaces ſeront repréſentés par de plus grands nombres. Or, les vîteſſes des corps qui tombent, ſont comme les racines quarrées des eſpaces qu'ils parcourent (203) ; & ces racines approchent d'autant plus de l'égalité, que les nombres auxquels elles appartiennent ſont plus grands, & different moins entre eux. Les vîteſſes deviendront donc ſenſiblement égales, & conſéquemment les corps ſe mouvront d'un mouvement ſenſiblement uniforme, lorſque leur chûte aura

lieu pendant un temps d'une certaine durée, abſtraction faite toutefois de la réſiſtance des milieux, qui concourt plus ou moins à ce phénomene.

Du mouvement retardé.

(206) Tout corps qui ſe meut de bas en haut en ſens contraire de la peſanteur, retarde néceſſairement ſon mouvement en montant. Ce retardement eſt une ſuite néceſſaire de la même cauſe qui le fait accélérer, lorſqu'il deſcend, & qu'il ſe meut ſelon une direction favorable à celle de la peſanteur. La même cauſe, en effet, tendant à le diriger de haut en bas, s'oppoſe à ſon élévation avec toute la force qu'elle tend à lui communiquer en ſens contraire. On peut & on doit donc appliquer au mouvement retardé tout ce que nous venons de dire ſur le mouvement accéléré; avec cette différence néanmoins que les eſpaces parcourus, en vertu d'un mouvement uniformément retardé, décroîtront ſelon la progreſſion inverſe 9, 7, 5, 3, 1.

Il eſt donc très-facile de démontrer la hauteur à laquelle ſe ſera élevé un corps qu'on aura lancé perpendiculairement de bas en haut, lorſqu'on ſaura le temps qu'il aura employé pour retomber vers la ſurface de la terre.

D'après les principes expoſés ci-deſſus, il eſt conſtant que ce corps a dû employer le même temps à monter & à deſcendre, puiſque ſon mouvement s'eſt accéléré en tombant, dans la même proportion ſelon laquelle il a été retardé en montant. Il ne s'agit donc que de diviſer en deux également le temps total de l'élévation & de la chûte, & de chercher, par la méthode du premier problême (204), l'eſpace qu'il a dû parcourir pendant la moitié de ce temps.

Problême. Trouver à quelle hauteur un corps s'eſt élevé, par le temps qu'il a employé à revenir vers la ſurface de la terre.

(207) Suppoſons, par exemple, qu'ayant tiré un coup de mouſquet de bas en haut, & perpendiculairement à l'horiſon, la balle ait employé vingt ſecondes à retomber. Le problême ſe réduira donc à déterminer l'eſpace qu'elle aura parcouru en tombant pendant dix ſecondes. On fera donc la proportion ſuivante. Un, quarré de la premiere ſeconde, eſt à cent, quarré de dix ſecondes, comme quinze pieds, eſpace parcouru, pendant la premiere ſeconde de la chûte, eſt à un quatrieme terme, qui ſera 1500. Cette balle ſe ſera donc élevée à la hauteur de 1500 pieds, puiſqu'elle deſcend effectivement de cette hauteur.

Tout ce que nous avons démontré juſqu'à

préſent, concernant le mouvement accéléré d'un corps qui ſe meut librement & perpendiculairement à l'horiſon, peut également s'appliquer au mouvement d'un autre corps qui ſe mouvroit obliquement au même horiſon, à quelques différences près, dépendantes des circonſtances dans leſquelles le mobile ſe trouve ; & c'eſt le ſujet du nombre ſuivant.

NOMBRE SECOND.

Des effets de la peſanteur ſur les corps qui ſe meuvent obliquement à l'horiſon.

(208) On ne peut mieux repréſenter le mouvement d'un corps qui ſe meut obliquement à l'horiſon, que par celui de ce même corps qui ſe mouvroit ſelon la longueur F G d'un plan incliné (plan 4, fig. 3.)

Plan. 4, fig. 3.

On donne le nom de plan incliné à tout plan qui fait un angle avec l'horiſon. Ce plan eſt d'autant plus incliné, que ſon angle avec l'horiſon eſt plus aigu, ou plus petit. On conſidere trois choſes dans un plan incliné ; ſa longueur E G, ſa hauteur E F, & ſa baſe F G.

Du mouvement ſur un plan incliné.

(209) Tout corps qui ſe meut ſur la longueur d'un plan incliné, accélere ſon mou-

vement de la même maniere que s'il tomboit librement & perpendiculairement à l'horiſon; puiſqu'il eſt ſoumis ſur ce plan à l'action de la peſanteur, qui le détermine à deſcendre, ſelon la longueur du plan.

On doit donc dire que les eſpaces parcourus à chaque inſtant, par un corps qui ſe meut ſelon la longueur d'un plan incliné, croiſſent comme les nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. & que ces eſpaces, à compter depuis le premier inſtant, ſont entre eux comme les quarrés des temps employés à les parcourir.

On démontre avec aſſez de préciſion que la chûte d'un corps ſur un plan incliné, ſe fait ſelon la progreſſion indiquée, & telle qu'elle ſe feroit s'il tomboit librement & perpendiculairement à l'horiſon, avec l'appareil que nous avons décrit (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. IX, fig. 2.*)

On voit effectivement, après avoir déterminé l'eſpace qu'il parcourt dans un temps donné, qu'il en parcourt un trois fois plus grand pendant la durée du ſecond inſtant, ſemblable au premier, & ainſi de ſuite. La différence qu'on obſerve ici, c'eſt que l'eſpace parcouru, pendant le premier inſtant,

s'éloigne d'autant plus de celui qu'il traverſeroit, s'il tomboit librement & perpendiculairement à l'horiſon, que le plan ſur lequel on le fait mouvoir, eſt plus incliné à l'horiſon.

Rallentiſſement de la peſanteur ſur un plan incliné.

(210) Pour connoître maintenant l'effet que produit l'inclinaiſon du plan, & comment il rallentit le mouvement du mobile qui le parcourt; ſuppoſons un corps A (plan. 4, fig. 3.) placé ſur un plan incliné E G. L'effort de la peſanteur qui le détermine à deſcendre, le ſollicite ſelon la direction A R P, perpendiculaire à l'horiſon, & ſelon laquelle il ſe mouvroit, s'il ne rencontroit en R un obſtacle invincible; ſavoir, le plan ſur lequel il ſe meut.

Plan. 4, fig. 3.

Soit donc tirée du centre de gravité A une ligne A S perpendiculaire au plan E G; ſoit enſuite tirée A X parallele au même plan; ſoit enfin achevé le parallélograme A S R X, dont A R eſt la diagonale.

Cela poſé, ſi l'effort de la peſanteur fait parcourir au corps A, dans un temps donné la ligne A R; cet effort étant exprimé par A R, produit exactement le même effet contre ce mobile, que ſi ce dernier étoit maîtriſé par l'action ſimultanée de deux puiſſances,

dont l'une le détermineroit ſelon la direction A S, & l'autre ſelon A X (112.) Mais la force A S eſt totalement détruite, par la réſiſtance invincible du plan E G, contre lequel elle agit perpendiculairement. Il ne reſte donc plus à ce mobile que la ſeule force exprimée par A X, en vertu de laquelle il ne pourra parcourir, dans le même-temps, qu'un eſpace égal à A X. Or, les vîteſſes des corps qui ſe meuvent pendant des temps égaux, ſont entre elles comme les eſpaces parcourus; par conſéquent, la vîteſſe du corps A, qui tomberoit librement & perpendiculairement à l'horiſon, eſt à celle de ce même corps qui ſe mouvroit, pendant le même-temps, ſur le plan incliné E G, comme A R eſt à A X. Or, A X eſt plus petit que A R: donc la vîteſſe d'un corps qui ſe meut ſur un plan incliné, eſt rallentie par l'inclinaiſon de ce plan. Mais de combien cette vîteſſe eſt-elle rallentie? C'eſt ce qu'on peut déterminer facilement, d'après la théorie générale que nous allons établir.

Maniere de déterminer ce rallentiſſement.

(211) *La vîteſſe avec laquelle un corps ſe meut, ſelon la longueur d'un plan incliné, eſt à celle avec laquelle il ſe meut librement & perpendiculairement à l'horiſon, ſelon la*

hauteur de ce plan, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur. De-là, ſi la hauteur du plan incliné, n'eſt que la moitié ou le tiers de ſa longueur, alors ce corps n'aura que la moitié ou le tiers de la vîteſſe qu'il auroit, s'il tomboit librement & perpendiculairement à l'horiſon de la hauteur de ce plan.

Lorſque le corps A ſe meut ſelon la longueur du plan incliné E G, ſa tendance à ſe mouvoir eſt repréſentée par la ligne A R; mais il ne parcourt dans le même-temps que la ligne A X. On peut & on doit donc conſidérer deux forces dans ce corps : l'une *abſolue*, repréſentée par A R, à laquelle il obéiroit, ſans l'obſtacle que lui oppoſe l'inclinaiſon du plan; & l'autre *relative*, déſignée par A X, qui ſubſiſte & qui obtient ſon effet, indépendamment de l'oppoſition du plan. La vîteſſe avec laquelle il ſe meut, eſt donc à celle avec laquelle il tomberoit librement & perpendiculairement à l'horiſon, comme la force relative A X eſt à la force abſolue A R. Or, ces deux forces ſont entre elles comme la hauteur E F du plan incliné eſt à ſa longueur E G.

Conſidérons, en effet, que ſi le plan E G

n'étoit nullement incliné, mais qu'il fût perpendiculaire à l'horiſon, tel que G *e*, le corps A n'étant nullement ſoutenu par ce plan, ſa force relative ne ſeroit pas différente de ſa force abſolue; l'une & l'autre s'exprimeroit par *e*G. Pareillement, ſi le plan étoit totalement incliné, & que E G ſe confondît avec GF, tout l'effort du corps A, pour tomber, deviendroit nul, & conſéquemment ſa force relative ſeroit égale à zéro. Cette force ne commence donc à naître & à ſuivre une progreſſion croiſſante, qu'au moment où le plan s'éleve, & à proportion que ſon inclinaiſon diminue. Elle doit donc être repréſentée par la hauteur du plan, tandis que la longueur de ce même plan repréſente la force abſolue. D'où il ſuit que la force ou la viteſſe avec laquelle un corps ſe meut ſelon la longueur d'un plan incliné, eſt à celle avec laquelle il ſe meut librement & perpendiculairement à l'horiſon, ſelon la hauteur de ce plan, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur. Veut-on une démonſtration plus rigoureuſe de cette importante vérité? La ſuivante emporte la conviction avec elle.

(212) Nous venons de démontrer que la viteſſe abſolue d'un corps qui ſe meut libre- Démonſtration de cette vérité.

ment & perpendiculairement à l'horiſon, eſt à ſa vîteſſe relative, à celle avec laquelle il ſe meut ſelon la longueur du plan incliné EG, comme AR eſt à AX. Cela poſé, prolongeons AR juſqu'en P, nous aurons les triangles ARX, RGP, qui ſeront ſemblables. L'angle X du premier eſt égal à l'angle P du ſecond; ils ſont tous les deux droits: l'angle A du premier, eſt égal à l'angle R du ſecond, comme correſpondant: donc l'angle R du premier, ſera égal à l'angle G du ſecond. Leurs côtés homologues ſeront donc proportionnels, & on aura la proportion AR: AX:: RG: GP. Mais les triangles GRP, GEF ſont auſſi ſemblables, puiſque RP eſt parallele à EF. On aura donc la proportion RG: RP::EG: EF: donc AR: AX:: EG: EF. Or, EG repréſente la longueur du plan incliné, dont EF indique la hauteur: donc la vîteſſe avec laquelle un corps tombe librement & perpendiculairement à l'horiſon, eſt à celle avec laquelle il ſe meut ſelon la longueur d'un plan incliné, comme la longueur de ce plan eſt à ſa hauteur, & conſéquemment en renverſant l'ordre de la proportion, la vîteſſe avec laquelle il ſe meut ſur un plan incliné, eſt à celle

avec laquelle il ſe meut librement & perpendiculairement à l'horiſon, ſelon la hauteur de ce plan, comme la hauteur de ce plan eſt à ſa longueur.

(213) On peut, à l'aide de cette proportion, aſſigner l'eſpace qu'un mobile décriroit ſur un plan incliné donné, dans le même temps qu'il tomberoit librement de la hauteur de ce même plan.

Problême. Aſſigner l'eſpace parcouru ſur un plan incliné dans le temps que le même corps tomberoit librement de la hauteur de ce plan. Pl. 4, fig. 4.

Soit un plan incliné AD (plan. 4, fig. 4), dont la hauteur ſoit repréſentée par AB. Nous venons de démonter que la vîteſſe avec laquelle un mobile ſe meut ſur la longueur de ce plan AD, eſt à celle ſelon laquelle il ſe mouvroit librement ſelon ſa hauteur, comme cette hauteur AB eſt à ſa longueur AD. Or, les temps étant égaux, les eſpaces parcourus ſont entre eux comme les vîteſſes: donc les eſpaces parcourus, dans l'hypothèſe préſente, ſeront entre eux comme la hauteur AB eſt à la longueur AD.

Si on tire donc une perpendiculaire BE, du pied de ce plan, ſur ſa longueur AD, on trouvera qu'un mobile qui ſe mouvroit ſelon la longueur de ce plan, arriveroit en E préciſément dans le même-temps qu'il parviendroit en B, s'il tomboit librement ſelon la hauteur du même plan.

Par la démonſtration précédente, la chûte du mobile, ou l'eſpace qu'il parcourt ſelon la longueur AD, eſt à celui qu'il parcourt librement ſelon la hauteur de ce plan, comme AB eſt à AD. Or, la perpendiculaire BE donne les triangles ſemblables ABE, ADB, dont les côtés homologues ſont proportionnels. On aura donc la proportion AB : AD :: AE : AB. Donc l'eſpace parcouru par un même mobile, ſelon la longueur AD, du plan incliné ADB, eſt à l'eſpace qu'il parcourt librement ſelon ſa hauteur AB, comme AE eſt à AB. Donc ce mobile parviendra en E, en ſuivant la longueur de ce plan, dans le même-temps qu'il parviendroit en B, s'il tomboit librement ſelon ſa hauteur AB.

(214.) Si le même plan devenoit plus incliné, tel que AC, le mobile décriroit la portion AF de ſa longueur, dans le même-temps qu'il tomberoit librement de ſa hauteur AB. BF étant, en effet, perpendiculaire à AC, nous aurons les deux triangles ſemblables ABF & ABC. On aura donc la proportion AB : AC :: AF : AB.

Donc ſi trois mobiles égaux en maſſe, partoient tous en même-temps du même point A;

l'un ſelon la direction A B ; le ſecond, ſelon la direction A D, & le troiſieme, ſelon A C, ils arriveroient tous les trois en même-temps, le premier en B, le ſecond en E, & le troiſieme en F.

(215) Il ſuit de-là que, ſi ſur la hauteur commune A B des deux plans inclinés A D, A C, on conſtruit un cercle, dont A B ſoit le diametre, (plan. 4, fig. 5.) les points E & F des perpendiculaires B E, B F, ſe trouveront dans la circonférence de ce cercle, & conſéquemment les portions A E, A F de ces deux plans ſeront deux cordes du même cercle, qui ſeront parcourues dans le même-temps que le diametre A B. La même démonſtration a lieu pour toute autre corde quelconque du même cercle : d'où il ſuit que tout mobile qui ſe meut ſelon une des cordes quelconques d'un cercle donné, parcourt la longueur de cette corde, dans le même temps qu'il tomberoit librement ſelon le diametre perpendiculaire de ce même cercle, & que les forces avec leſquelles des corps placés ſur les différentes cordes d'un cercle, tendent à parcourir ces cordes, ſont auſſi entre elles comme les longueurs de ces cordes. On peut démontrer par expérience, & avec une préciſion ſuffiſante la vé-

Les cordes d'un même cercle ſont parcourues dans le même temps que le diametre vertical. Plan. 4, fig. 5.

rité de cette propoſition fondamentale, & dont les applications peuvent être très-nombreuſes, à l'aide de l'appareil que nous avons décrit. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. IX, fig. 2.*)

La vîteſſe acquiſe à l'extrémité d'un plan incliné, eſt égal à celle que le mobile eût acquiſe en tombant de la hauteur de ce plan.

(216) Il ſuit encore des théories précédentes qu'un corps qui ſe meut ſelon la longueur d'un plan incliné, a acquis, lorſqu'il eſt parvenu à l'extrémité de ce plan, une vîteſſe égale à celle qu'il eût acquiſe, s'il fût tombé librement de la hauteur perpendiculaire de ce plan.

Plan. 4, fig. 6.

Soit le plan incliné A C B (plan. 4, fig. 6.) qui ſoit tel que ſa longueur A C ſoit double de ſa hauteur A B. Soit menée la perpendiculaire B D. Nous avons démontré (213) qu'un mobile ſuivroit la portion A D d'un plan incliné A C B, dans le même-temps qu'il tomberoit de ſa hauteur perpendiculaire A B. Les temps étant égaux de part & d'autre, les vîteſſes acquiſes en B & en D, feront entre elles comme les eſpaces parcourus, c'eſt-à-dire, comme A B eſt à A D; mais A B eſt double de A D. En effet, par la conſtruction, A C eſt double de A B, & à cauſe des triangles ſemblables A C B, A B D, on a la proportion A C: A B :: A B: A D. Donc A B

eſt double de A D. Donc la vîteſſe acquiſe en tombant librement de A en B, eſt double de celle que le mobile acquiert en parcourant la portion A D. Or, la vîteſſe acquiſe, en parcourant toute la longueur A C du plan incliné, eſt pareillement double de celle que le mobile acquiert en parcourant la portion A D. Nous avons, en effet, démontré (203) que les vîteſſes des corps qui ſe meuvent librement & perpendiculairement à l'horiſon, ſont comme les racines quarrées des eſpaces parcourus. Nous avons obſervé, outre cela, que ces effets ſont encore les mêmes par rapport aux corps qui ſe meuvent ſur des plans inclinés; par conſéquent l'eſpace A C étant par la conſtruction, quadruple de A D, la vîteſſe acquiſe en parcourant A C, doit être double de celle que le mobile acquiert en parcourant A D. Elle eſt donc égale à celle que le même mobile obtiendroit en tombant librement de la hauteur A B du même plan.

Mu ſur pluſieurs plans inclinés & contigus, ce mobile acquiert à la fin de ſa chûte une vîteſſe égale à celle qu'il acquerroit, s'il

(217) On peut encore conclure des mêmes théories, que ſi un corps ſe meut, & qu'il deſcende le long de pluſieurs plans inclinés & contigus, quel que ſoit l'inclinaiſon de chacun de ces plans, il aura acquis à la fin de ſa chûte, une vîteſſe égale à celle qu'il

tomboit d'une hauteur égale à celle de tous ces plans.

eût acquiſe, s'il fût tombé librement & perpendiculairement d'une hauteur égale à celle de tous ces plans.

Suppoſons un corps qui ſe meut ſur les plans inclinés & contigus A B, B C, C D, (plan. 4, fig. 7.) ce mobile, en parcourant le plan A B, acquiert une vîteſſe égale à celle qu'il acquereroit, s'il tomboit verticalement ſelon la hauteur A E de ce plan, pareillement en parcourant le plan B C; ſa vîteſſe acquiſe eſt la même que s'il avoit parcouru la hauteur B F égale E H de ce plan. Enfin, en parcourant le plan C D, il acquiert encore une vîteſſe égale à celle qu'il acquereroit en parcourant C G qui eſt égale à H I. Donc les vîteſſes acquiſes, en parcourant les trois plans indiqués, ſont égales à celles qu'il eût acquiſes, en parcourant librement les hauteurs A E, E H, H I, leſquelles priſes enſemble donnent les hauteurs de tous ces plans.

Plan. 4, fig. 7.

Même effet dans le cercle.

Il ſuit de-là que, ſi un corps deſcend & ſe meut dans une circonférence de cercle, il aura à la fin de ſa chûte, une vîteſſe égale à celle qu'il eût acquiſe, s'il fût tombé d'une même hauteur perpendiculaire; puiſque la circonférence d'un cercle eſt un polygone infinitaire, qu'on peut regarder comme une infinité

de

de petites lignes droites, contiguës les unes aux autres, & représentant de petits plans inclinés.

Il suit delà qu'un corps suspendu à l'extrémité d'un fil, attaché à un point fixe par son autre extrémité, & qui décrit des arcs de cercle, peut être considéré comme un corps, qui descend, d'une part, le long de plusieurs plans inclinés contigus, & monte d'autre part, sur des plans semblablement inclinés. Ce corps acquiert donc, en parcourant l'aire du cercle, suivant lequel il descend, la même vîtesse qu'il eût acquise, s'il fût tombé d'une même hauteur perpendiculaire : il acquiert donc pendant la chûte une force suffisante pour remonter en sens contraire à une hauteur double de celle d'où il est descendu (196 corol. 2). Ce corps néanmoins ne pourra remonter qu'à la même hauteur, en parcourant en sens contraire un arc semblable à celui qu'il aura parcouru en descendant, puisqu'étant encore soumis à l'action de la pesanteur, abstraction faite de tout autre obstacle, il ne peut parcourir ce second arc que par un mouvement uniformément retardé (206); ce que nous avons déja confirmé par une expérience décisive (122).

Application de cette vérité, au mouvement d'oscillation.

Du pendule. (218) On donne le nom de *pendule* à tout corps qui eſt ainſi ſuſpendu à l'extrémité d'un fil, ou d'une verge de métal, ſur l'autre extrémité de laquelle il peut ſe mouvoir autour d'un centre. On appelle mouvement *oſcillatoire*, ou d'*oſcillation*, le mouvement d'un corps de cette eſpece. On donne le nom de *vibration*, au mouvement par lequel un pendule décrit un arc de cercle, ou de tout autre courbe, ſoit en montant, ſoit en deſcendant. La grandeur de l'arc qu'il parcourt ſe nomme *l'amplitude de la vibration.*

Le pendule peut être *ſimple* ou *compoſé*. Le premier ſeroit celui dont la peſanteur ſeroit réunie au centre du corps ſuſpendu, & conſéquemment dont le fil ou la verge de métal qui ſert à le ſuſpendre, ſeroit dépourvue de peſanteur. Dans l'uſage ordinaire, on fait abſtraction de la peſanteur de cette verge, & on regarde ce pendule comme ſimple. On ne donne le nom de compoſé qu'à celui ſur la verge duquel on ſuſpend pluſieurs corps, Pl. 4, fig. 8. tels que B, C, (plan. 4, fig. 8.) à des diſtances différentes du centre du mouvement A. Nous ferons abſtraction de la peſanteur de la verge, & nous conſidérerons le pendule comme ſimple : cela poſé, nous obſerverons.

(219) 1°. Que la matiere du pendule ne contribue en rien à la longueur du temps qu'il emploie à faire ſes vibrations. Nous avons, en effet, démontré (191) que tous les corps étoient également ſoumis à l'action de la peſanteur, & qu'ils tomboient également vîte dans le vuide. Le temps d'une oſcillation de différens pendules égaux en tout, mais de matieres différentes, ſera donc préciſément le même. Si dans l'état préſent des choſes, un pendule fait d'une matiere ſpécifiquement moins peſante que celle d'un autre pendule, éprouve un peu plus de déchet dans ſon mouvement, de la part du milieu qu'il eſt obligé de traverſer; il s'enſuit ſeulement que ſa vîteſſe ſera un peu plus rallentie, & qu'il meſurera des arcs plus petits, ou que l'amplitude de ſes vibrations ſera plus petite; mais il employera toujours le même temps à exécuter chacune de ſes vibrations, que s'il étoit fait d'une matiere ſpécifiquement plus peſante.

La matiere du pendule n'influe point ſur la durée de ſes vibrations.

Deux pendules qui font leurs vibrations dans le même-temps, une pour une, ſe nomment *iſochrones.*

(220) 2°. Qu'un corps qui ſe meut autour d'un centre, & qui décrit un arc de cercle,

Un pendule emploie moins de

Temps à parcourir l'arc d'un cercle, que la corde de ce même arc.

arrive un peu plutôt à l'extrémité de cet arc, que s'il tomboit en parcourant la corde de ce même arc.

Nous avons, en effet, démontré (215), qu'un corps abandonné à lui-même emploie le même temps à parcourir la corde d'un arc, qu'à tomber librement de la hauteur du diametre du même cercle. En appliquant cette théorie à un pendule qui ſe meut dans un arc de cercle, on conçoit que ce pendule employant un temps double pour faire une vibration entiere, c'eſt-à-dire, pour parcourir deux cordes d'arcs ſemblables, il ne les meſureroit que dans le temps qu'un corps grave tomberoit librement de la hauteur de quatre diametres du même cercle; puiſque les eſpaces parcourus, en vertu de la peſanteur, ſont entre eux comme les quarrés des temps employés à les parcourir (203); d'où il ſuit que le temps qu'un corps emploiera à ſe mouvoir dans un cercle, eſt à celui qu'il emploieroit pour tomber librement ſelon le diametre de ce cercle, comme la circonférence de ce cercle, eſt au quadruple de ſon diametre, ou comme le quart de cette circonférence eſt au diametre.

Or, la circonférence d'un cercle eſt à ſon

diametre, ſuivant le rapport de *Metius*, qu'on regarde comme le plus approchant, comme 355 eſt à 113, & conſéquemment le quart de la circonférence eſt au diametre, comme 88 $\frac{3}{4}$ eſt à 113. D'où il ſuit que le temps qu'un corps employe à parcourir un arc donné, eſt à celui pendant lequel il deſcendroit le long de la corde de cet arc, comme 88 $\frac{3}{4}$ eſt à 113, & conſéquemment qu'un mobile ſe meut plus promptement, en parcourant un arc de cercle, qu'en parcourant la corde de ce même arc; ce qui contrarie, comme l'obſerve très-ingénieuſement *l'Abbé Nollet* (1), le préjugé où l'on eſt, *que le chemin le plus court eſt toujours celui qui demande le moins de temps* (2).

(1) Nollet, Leçons de Phyſ. t. 2, pag. 192.

(2) On ſe rappellera ici que nous avions commis une erreur groſſiere à ce ſujet, à la page 139 du premier volume de notre Ouvrage, intitulé : *Deſcription & Uſage d'un Cabinet de Phyſique*; que cette erreur, corrigée par une note diſtinctive à la fin du ſecond volume, nous fut rigoureuſement reprochée par un de nos Confreres, auquel nous prîmes la liberté de répondre dans le temps. On lit cette Critique dans le Journal de Phyſique, pour le mois de Mars 1776. Notre réponſe eſt à la ſuite.

Cette différence néanmoins dans le temps de la chûte d'un corps ſelon un arc donné, & ſelon la corde de cet arc, devient d'autant moins ſenſible, que l'arc eſt plus petit; parce que, dans ce cas, l'arc & la corde qui le ſoutient, approchent davantage de l'égalité; car, on démontre en géométrie, que, dans de petits arcs de cercles, les cordes different infiniment peu de leurs arcs.

Expérience qui juſtifie cette théorie.

L'expérience eſt d'accord avec cette théorie. En faiſant, en effet, uſage de l'appareil que nous avons décrit, (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. IX, fig.* 3), on obſervera, 1°. que ſi on place deux boules de métal, l'une dans la gouttiere, qui repréſente un arc de cercle, & l'autre à la même hauteur, dans celle qui fait l'office de la corde de cet arc, & qu'on les abandonne en même-temps à elles-mêmes, la premiere de ces deux billes arrivera un peu plutôt à l'extrémité de ſa courſe, que celle qui ſe meut ſur la corde de cet arc. 2°. Si on répete cette expérience, en prenant une plus petite portion du même arc, & en plaçant la ſeconde bille au haut de la ſeconde gouttiere, puiſque les cordes d'un même cercle ſont parcourues dans le même-temps (215), on remarquera

que cette différence ſera moins ſenſible.

(221) 3°. Que les vibrations des pendules, qui ne different entre eux que par leurs longueurs, ſont entre elles, quant à leur durée, comme la racine quarrée de ces longueurs.

Les vibrations des pendules de différentes longueurs, ſont entre elles, quant à leur durée, comme la racine quarrée de leurs longueurs. Plan. 5, fig. 1.

Suppoſons les cercles X & Z (plan. 5, fig. 1), dont les diametres ſoient entre eux dans le rapport de quatre à un. Le rayon AB du grand cercle, ſera donc quadruple du rayon DB du petit. Donc un corps quelconque qui tombera perpendiculairement & librement, en un inſtant, du rayon DB du petit cercle, emploiera deux inſtans à tomber librement de la hauteur AB, rayon du grand cercle, puiſque les temps de la chûte de deux corps, ſont entre eux, comme la racine quarrée des eſpaces parcourus (203): mais nous avons démontré qu'un corps qui parcouroit la corde d'un cercle, la parcouroit dans le même-temps qu'il emploieroit à tomber librement de la hauteur de ſon diametre (215). Donc un mobile qui ſuivra la corde GB du grand cercle, mettra deux fois plus de temps à la parcourir, que la corde FB du petit cercle. Or, comme les petits arcs ne different point ſenſiblement de leurs cordes, un pendule qui ſe mouvera

dans un arc de cercle, dont le diametre sera quadruple de celui d'un autre, mettra une fois plus de temps à parcourir cet arc : mais les longueurs des pendules sont entre elles, comme les diametres des cercles dans lesquels ils se meuvent. Donc les vibrations des pendules de différentes longueurs, sont entre elles, quant à leur durée, comme les racines quarrées de ces longueurs.

Application de ce principe.

(222) On peut déduire de ce principe, la solution de plusieurs problêmes qui peuvent être de quelque utilité dans l'usage ordinaire de la vie.

Premier problême.

1°. La longueur d'un pendule étant donnée, ainsi que le temps qu'il emploie à faire ses vibrations, quelle doit être la longueur d'un autre pendule, qui exécute les siennes dans un temps donné ?

On fait, d'après l'expérience, qu'un pendule de trois pieds huit $\frac{1}{2}$ lignes, mesure exactement des secondes, dans le climat de Paris ; supposons qu'on veuille trouver quelle longueur il faudroit donner à un autre, pour qu'il ne fît qu'une seule vibration en trois secondes.

Puisque la durée des vibrations de ces pendules, est comme la racine quarrée de

leurs longueurs, les quarrés des temps employés à faire les vibrations indiquées, ſont donc entre eux comme les ſimples longueurs de ces pendules. Cela poſé, tout ſe réduit à trouver le quatrieme terme d'une proportion, dont les deux premiers ſont les quarrés des temps connus, & le troiſieme, la longueur connue d'un de ces pendules. Nous dirons donc :

Un, quarré d'une ſeconde, eſt à neuf, quarré de trois ſecondes, comme trois pieds huit $\frac{1}{2}$ lignes, eſt à un quatrieme terme ; & l'opération faite, nous trouverons vingt-ſept pieds ſix pouces quatre $\frac{1}{2}$ lignes.

Second problême.

2°. Trouver combien un pendule d'une longueur donnée, emploie de temps à faire ſes vibrations.

Suppoſons que ce pendule ait un pied de longueur ; nous ſavons que celui de trois pieds huit $\frac{1}{2}$ lignes, emploie une ſeconde, ou ſoixante tierces à faire chacune de ſes vibrations, & que la durée des vibrations de ces deux pendules, doit être comme la racine quarrée de leurs longueurs. Réduiſons en lignes la meſure de l'un & de l'autre, en prenant trois pieds neuf lignes, au lieu de trois pieds huit $\frac{1}{2}$ lignes. La longueur de ce

pendule ſera donc de 441 lignes, & la longueur du plus court, de 144. Prenons maintenant les racines quarrées de ces deux nombres; nous aurons vingt-un & douze, pour faire la proportion ſuivante.

Vingt-un, racine quarrée du premier pendule, eſt à douze, racine quarrée du ſecond, comme ſoixante tierces, temps que le premier emploie à faire une vibration, eſt au nombre de tierces que nous cherchons. L'opération faite, on trouve que le pendule, dont la longueur eſt d'un pied, fait chacune de ſes vibrations en 34 tierces $\frac{3}{7}$, c'eſt-à-dire, qu'il emploie plus d'une demi-ſeconde de temps à faire chacune de ſes vibrations.

Troiſieme problême.

3°. Le nombre des vibrations qu'un pendule exécute dans un temps donné, étant connu, trouver quelle eſt la longueur de ce pendule.

Suppoſons que le pendule propoſé faſſe trente vibrations en une minute, nous ſavons que celui de trois pieds huit $\frac{1}{2}$ lignes, en fait ſoixante dans le même-temps. Le nombre de leurs vibrations, dans un temps donné, eſt donc dans le rapport de un à deux. Or, nous ſavons que la durée des vibrations de différens pendules, eſt comme la racine quarrée

de leurs longueurs. Ces longueurs ſont donc entre elles comme les quarrés des temps qu'ils employent à faire leurs vibrations. Ainſi ces longueurs ſont entre elles comme le quarré d'un eſt au quarré de deux, ou comme un eſt à quatre. Celui qui ne fait que trente vibrations par minute, doit donc être quatre fois plus long que celui qui en fait ſoixante dans le même-temps : multipliant donc par quatre, trois pieds huit $\frac{1}{2}$ lignes, nous aurons douze pieds deux pouces dix lignes pour la longueur cherchée.

(223) *Galilée* fut le premier qui ſut obſerver la régularité du mouvement d'un pendule. Aſſis dans la chaire primatiale à Piſe, il vit qu'une lampe ſuſpendue, & miſe en vibrations, éxécutoit ſes vibrations dans des temps ſenſiblement égaux, quoique les arcs qu'elle décrivoit, fuſſent ſenſiblement inégaux. Il imagina de mettre à profit la régularité de ce mouvement, pour faire des obſervations phyſiques & aſtronomiques. Mais l'uſage d'un pendule de cette eſpece, ſeul & iſolé, n'eſt certainement pas des plus commodes, ſur-tout lorſqu'il s'agit de faire des obſervations qui prennent un certain temps. On eſt obligé de renouveller de momens à

autres le mouvement de ce pendule, à chaque fois que la réſiſtance du milieu, jointe au frottement qu'il éprouve, le détruiſent. *Galilée* néanmoins s'en ſervit aſſez avantageuſement; & il parvint même à découvrir, en 1602, que la durée des vibrations d'un pareil inſtrument, étoit comme la racine quarrée de ſa longueur. Son fils profita de cette précieuſe découverte, & parvint, outre cela, à tirer un plus grand parti du pendule, en l'appliquant aux horloges: mais cette application, très-ingénieuſe en elle-même, ne fut cependant perfectionnée que quelques années après, par les ſoins du célebre *Hughens*. Pour ſentir tout le prix du travail de ce grand homme, nous donnerons ici une légere idée de la maniere ſelon laquelle le pendule dirige le mouvement d'une horloge.

Application du pendule aux horloges.

(224) L'horloge qu'on appelle aſſez communément une *pendule*, eſt un rouage, dont le premier moteur eſt un reſſort, ou des poids qui font tourner ce rouage, à proportion que le reſſort ſe développe, ou que les poids deſcendent. Il eſt compoſé de pluſieurs roues qui engrainent les unes dans les autres, & qui moderent, juſqu'à un certain point,

l'action du reſſort qui ſe débande, ou la chûte des poids qui tendent à deſcendre avec toute la force que la peſanteur leur imprime.

Quoique cet engrainage doive néceſſairement produire un retardement ſenſible dans l'action du premier moteur, ce retardement ne ſuffiroit pas, pour que le rouage prît une vîteſſe uniforme, & telle qu'elle convient, pour que les aiguilles qu'il mene répondiſſent à notre attente, & meſuraſſent exactement la durée du temps qu'elles doivent indiquer. Ce mouvement a donc encore beſoin d'être dirigé par un modérateur particulier. Celui-ci s'applique à la derniere roue de la pendule ou de l'horloge, & cette roue eſt connue ſous le nom de *roue de rencontre*. Cette roue eſt taillée différemment que les autres, & de maniere que ſon mouvement puiſſe être dirigé par deux palettes du modérateur qu'elle eſt obligée de pouſſer alternativement. Celles-ci s'échappant ſucceſſivement l'une après l'autre de la denture de la roue, font mouvoir le modérateur, autrement dit, le *balancier*, qui doit être diſpoſé de façon à faire ſes vibrations en temps égaux. C'eſt cette partie de l'horloge qu'on appelle *l'échappement*; & c'eſt une des parties les plus eſſentielles de la machine.

De l'échappement.

Le premier échappement qui ſoit parvenu à notre connoiſſance, étoit un balancier diſpoſé horiſontalement, tel que celui qui ſert encore à modérer le rouage d'un tourne-broche. Le mouvement de ce balancier, que les Anciens nommoient *foliot*, étoit reglé par des poids qu'ils appelloient *régules*. Ils étoient diſpoſés de maniere qu'ils pouvoient s'approcher ou s'éloigner du centre de ſuſpenſion. Or, nous démontrerons plus bas, que la différente poſition de ces poids, par rapport au centre de ſuſpenſion, ou du mouvement, devoit néceſſairement augmenter ou diminuer la viteſſe des vibrations du balancier.

Cet échappement, qui paroît aſſez conforme aux loix de la méchanique, parut néanmoins fort imparfait dans ſon application. Il fut abandonné dès le dernier ſiecle. Depuis cette époque, on vit naître pluſieurs échappemens, & quantité de regles particulieres, tendantes à perfectionner cette partie eſſentielle de l'horloge. On peut conſulter, à cet égard, nombre de célebres Artiſtes qui nous ont donné l'hiſtoire de l'horlogerie, & qui ne nous ont rien laiſſé à deſirer ſur les meilleurs moyens de conſtruire ces ſortes de

machines, & de leur donner tous les degrés de perfection dont elles jouiſſent aujourd'hui. Nous nous bornerons à faire connoître de quelle maniere on appliqua d'abord le pendule aux horloges, & les principales recherches qu'on a faites depuis cette époque, pour perfectionner cette heureuſe application.

Imaginez une roue de rencontre E B A (plan. 5, fig. 2), qui tourne ſur ſon axe E F. La denture de cette roue engraine dans les palettes R, P, du balancier D C. Sur la verge de ce balancier, eſt ſoudée & fixée à demeure la plaque L, qui porte la tige L M N, qu'on appelle la *fourchette*. Celle-ci embraſſe le pendule S T, ſuſpendu par deux fils, à une piece de cuivre K, qu'on appelle le *coq*. pl. 5, fig. 2.

Cette conſtruction bien entendue, on conçoit aiſément que ſi une puiſſance quelconque, ſoit un reſſort, ſoit un poids, fait tourner la roue E B A, une des dents de cette roue rencontre néceſſairement une des palettes du balancier, ſuppoſons la palette R. Cette palette, pouſſée par la dent qui la preſſe, fait tourner la verge du balancier D C. La rotation de celle-ci emmene avec elle la fourchette M N : cette derniere entraîne le pen-

dule ST, & lui fait faire une vibration. La palette R se trouve alors dégagée de la roue qui la maîtrisoit, & échappe. Mais le pendule qui vient d'être élevé, n'étant plus poussé dans le même sens, retombe par son propre poids, & fait une seconde vibration. Ce dernier mouvement du pendule emmene la palette P, dans la denture de la roue. Celle-ci continuant à tourner, produit le même effet sur cette derniere palette, qu'elle vient de produire sur l'autre. Le balancier fait donc encore une vibration qui en raîne le pendule en sens contraire : mais ce pendule retombant encore, ramene la palette R dans la denture, & cette alternative se continue tant que la roue est déterminée à se mouvoir.

Telle fut la premiere application du pendule, pour régler le mouvement des horloges. Mais on s'apperçut bientôt que, malgré la précision qu'on devoit attendre du régulateur qu'on venoit d'appliquer aux horloges, les vibrations d'un pendule, qui se meut dans des arcs de cercles, n'étoient point toutes isochrones. Ce fut ce qui détermina M. *Hughens* à perfectionner cette pratique ; & il crut y avoir parfaitement réussi, en faisant osciller le pendule entre deux arcs cycloïdaux.

Qu'est-ce

Qu'eſt-ce donc qu'une *cycloïde* ? Et quelle eſt la propriété de cette courbe, qui la rend propre à rectifier le mouvement oſcillatoire d'un pendule ? C'eſt ce que nous allons expoſer en peu de mots.

De la cycloïde. Hiſtoire de cette courbe.

(225) Le Pere *Merſenne*, conſidérant attentivement le mouvement de l'un des clous appliqués ſur une des gentes d'une roue de voiture, imagina très-bien que ce clou participoit en même-temps à deux mouvemens ; l'un en ligne droite, & l'autre autour de l'arbre de cette roue : d'où il conclut qu'il ne pouvoit décrire, ni une ligne droite, ni une ligne circulaire, mais une courbe qui participoit à la nature de ces deux lignes. Ce célebre Mathématicien fit cette belle découverte en 1615 ; mais ce ne fut qu'en 1634, qu'aidé des lumieres de *Roberval*, il parvint à connoître la nature de cette courbe, qu'on appella dès-lors une *cycloïde*. Les ſpéculations de ces grands hommes laiſſerent néanmoins bien des choſes à découvrir relativement à cette courbe ; & on ne parvint à connoître parfaitement ſes propriétés, qu'après que *Deſcartes* nous eut enſeigné, en 1638, une méthode pour déterminer ſa

tangente, & que le ſavant *Wren* nous en eut appris, quelques années après, la rectification. Il faut lire l'hiſtoire des travaux de ces célebres Mathématiciens, dans les ouvrages de ceux qui ont particulierement écrit ſur la cycloïde.

Parmi les différentes méthodes qu'on peut employer pour décrire une cycloïde, nous choiſirons la ſuivante. Elle eſt purement méchanique, & elle ſe rapproche en conſéquence davantage des opérations de la Phyſique expérimentale.

Maniere de la décrire. Pl. 5, fig. 3.

Soit un plan circulaire F E B (plan. 5, fig. 3), qui tourne ſur lui-même en parcourant la ligne D A, qu'on appelle directrice. Lorſque ce cercle aura fait ſa révolution, le point B de la circonférence de ce cercle aura décrit la courbe D B A; & cette courbe eſt une véritable cycloïde.

Si cette cycloïde eſt diviſée par la moitié, au point B, & que ſes parties B A, B D, ſoient diſpoſées de façon, que les extrémités A & D ſe réuniſſent au point C, on aura les deux arcs cycloïdaux C A, C D, entre leſquels M. *Hughens* vouloit qu'on ſuſpendît le pendule, à l'aide d'un fil ou d'une ſoie,

qui pût ſe courber alternativement ſur l'un & ſur l'autre de ces deux arcs (1).

Soit donc le pendule C B, dont la longueur ſoit égale à la moitié C A, ou C D de la cycloïde, de façon que la longueur entiere de la cycloïde, ſoit double de C B, & conſéquemment quadruple de F B, diametre du cercle générateur, on conçoit que le poids P, ſuſpendu à l'extrémité du pendule C B, décrira la cycloïde A B D, tandis que la verge C B, qu'on ſuppoſe un fil très-délié & très-flexible, s'appliquera le long des arcs C A, C D.

Si on mene S S, tangente au point P de la cycloïde, & du point P, la ligne P E, parallele à ſa baſe; enfin du point E, pris dans la peripherie du cercle générateur, la corde E B; cette corde ſera toujours parallele à la tangente S S, & la portion P B de la cycloïde, ſera toujours double de la corde E B.

Cela poſé, comme le poids P, placé au point P de la courbe, peut être conſidéré comme s'il étoit placé ſur une tangente à ce point, il tendra à deſcendre avec la même force que s'il étoit placé au point E de la

(1) Hughens, de horologio oſcillatorio.

par un arc de cycloïde : ce qu'on peut confirmer aiſément avec la machine dont nous avons parlé dans le même paragraphe, & qui eſt diſpoſée de maniere qu'on peut faire mouvoir en même-temps deux corps, & par un arc de cercle, & par une portion de cycloïde adjacénte.

Application de la cycloïde aux pendules.

(226) De ce que tout arc de cycloïde, grand ou petit, eſt parcouru en même-temps, M. *Hughens* en conclut qu'on ne pouvoit régler plus exactement le mouvement d'un pendule, qu'en le faiſant oſciller entre des arcs cycloïdaux. Cette application ingénieuſe fut d'abord reçue avec applaudiſſement, & on en fit uſage pendant quelque temps. Mais la difficulté de plier exactement des lames de cuivre en cycloïdes, & les influences de l'air ſur la partie flexible du pendule cycloïdale, furent les premiers obſtacles qui s'oppoſerent à cette pratique. De célebres Horlogers obſerverent enſuite que de petites oſcillations circulaires, qui ſe faiſoient, par exemple, dans des arcs de trois à quatre degrés, ſe confondoient ſenſiblement avec celles qui ſe faiſoient dans une courbe cycloïdale, comme il eſt même facile de l'obſerver, en conſidérant les extrémités des

deux courbes creuſées dans la machine dont nous avons fait mention (220), & on abandonna alors la méthode de M. *Hughens*, pour revenir au pendule circulaire, en bornant ſon mouvement à de très-petits arcs.

On travailla enſuite à rectifier & à perfectionner l'échappement, ou la maniere d'appliquer ce pendule aux horloges. On exigea d'abord que les palettes du balancier fiſſent un angle de ſoixante degrés; mais ce premier moyen ne paroiſſant pas ſuffiſant, on imagina *l'échappement à rochet.* M. *Hook* ſe donne pour Auteur de cet échappement, qui fut d'abord fort applaudi, & que M. *Smith*, célebre Horloger de Londres, attribue à M. *Clement.* Cet échappement parut, pour la premiere fois, à Londres, en 1680. On en fit uſage en France en 1695; & ce ne fut qu'en 1720, qu'un ſavant Horloger, M. *Julien Leroy*, en fit connoître les défauts, & en propoſa un autre. Nous ne pouvons embraſſer ici l'hiſtoire de ces précieuſes découvertes. Il faut conſulter, à cet égard, les célebres Artiſtes qui ſe ſont livrés à ce genre de travail, & qui nous ont conſervé la ſuite hiſtorique de ces ſuperbes inventions. *Julien Leroy, Graham, Thiout, Lepautre,*

Ferdinand Bertout, *Pierre Leroy*, & pluſieurs autres, ont écrit d'une maniere très-étendue & très-curieuſe ſur cet objet.

Quelque ſoin qu'on apporte à appliquer, avec tout l'art imaginable, un pendule à une horloge ; quelqu'attention qu'on prenne à régler, avec la plus grande préciſion, la longueur qu'il doit avoir pour meſurer exactement des ſecondes, ſuſceptible des impreſſions de la chaleur & du froid, il s'allonge dans le premier cas, & il retarde ; il ſe raccourcit pendant l'hiver, & il avance aſſez ordinairement. C'eſt un vice naturel à la conſtitution des matieres qu'on emploie dans la conſtruction de ces ſortes d'inſtrumens.

Moyens de remédier à ce défaut.

(227) Pour obvier à cet inconvénient, & pour conſerver au pendule une longueur conſtante pendant le cours d'une année, où il éprouve les viciſſitudes du chaud & du froid, M. *Graham* imagina d'abord d'adapter un thermometre de mercure au pendule. On ne peut diſconvenir que cette idée ne fût on ne peut plus ingénieuſe. Si on conçoit, en effet, qu'à la place d'un pendule ordinaire, on faſſe oſciller un thermometre ſuffiſamment long, on concevra aiſément, que la chaleur venant à allonger ce nouveau

Premier moyen.

pendule, & faiſant, par ce moyen, deſcendre ſon centre d'oſcillation au-deſſous de ſon véritable point, cette même chaleur fera monter proportionnellement le mercure dans le tube de cet inſtrument, & cette quantité de mercure s'élevant dans le tube, élevera à proportion le centre d'oſcillation. Ce dernier conſervera donc ſenſiblement ſa même diſtance au point de ſuſpenſion, ou au centre du mouvement, & conſéquemment le pendule, rappellé à ſa véritable longueur, fera encore ſes vibrations dans le même-temps. Mais la difficulté de mettre cette méthode en pratique, le peu de ſolidité de l'inſtrument, engagerent bientôt M. *Graham* à abandonner ce procédé, & il en imagina un autre également ingénieux, aſſez facile à exécuter, & bien plus durable en même-temps.

Second moyen.

Il joignit enſemble cinq cylindres de fer, & quatre cylindres de cuivre, comme on peut le remarquer (plan. 5, fig. 4). Par cette conſtruction, ces cylindres ſont tellement diſpoſés, que lorſque la chaleur allonge le fer, & fait deſcendre le centre d'oſcillation, le cuivre qui ſe dilate davantage, le fait remonter à ſa véritable place ; de ſorte qu'il

Plan. 5, fig. 4.

demeure conſtamment à ſa véritable ſituation. Ces pendules font leurs vibrations dans un petit arc de cercle, dont l'amplitude n'excede pas un pouce.

Cette méthode, très-exacte en elle-même, parut un peu compliquée, & le célebre *Julien Leroy* en imagina une autre beaucoup plus ſimple, que M. *de Caſſini* a décrite (1).

Troiſieme moyen. Pl. 6, fig. 1. Imaginez une verge de fer, ſuſpendue au point A (plan. 6, fig. 1), derriere laquelle eſt appliquée une verge de cuivre CE. Celle-ci eſt fortement attachée vers ſa partie ſupérieure C, à la verge de fer. A ces deux regles, eſt encore jointe une troiſieme verge de fer SO, qui porte inférieurement la lentille de métal O. Ces trois regles peuvent ſe mouvoir les unes ſur les autres, & elles ſont unies par des brides GH & MN. Vers la partie inférieure de ces regles, ſaillent trois axes T, R, P, qui paſſent dans des trous pratiqués dans une troiſieme bride.

L'obſervation a appris que le cuivre ſe dilate davantage que le fer, à un même degré de chaleur, & qu'il ſe condenſe davantage, par l'action du froid, & cela ſuivant

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1741.

le rapport de quarante-ſix à vingt-ſept. Cela poſé, ſuppoſons un pendule exactement conſtruit & proportionné, pour meſurer la durée du temps dans une température moyenne. Que la température de l'air varie, ſuppoſons qu'elle devienne plus grande, & ſuffiſamment pour faire allonger le pendule, & faire deſcendre la lentille O; dans ce cas, la regle de cuivre C E, étant plus allongée que celle de fer A, elle fera deſcendre plus bas l'axe T, & conſéquemment l'axe P ſera relevé, & conjointement avec lui la lentille O. Or, ſi celle-ci eſt relevée autant qu'elle étoit deſcendue par l'allongement de ſa tige, le centre d'oſcillation reſtera à ſa place, & à la même diſtance du point de ſuſpenſion A. Le calcul apprend les longueurs différentes qu'il convient de donner à ces verges de métal, pour qu'elles produiſent l'effet qu'on attend de leur diſpoſition: & nous laiſſons aux Artiſtes le ſoin d'étudier plus particuliérement cette importante théorie, que nous avons ſuffiſamment développée pour la faire connoître au Phyſicien.

PARAGRAPHE QUATRIEME.

De la combinaiſon de la peſanteur avec toute autre force.

Du mouvement mixte.

(228) Nous avons fait obſerver précédemment (107), que tout corps ſoumis à l'action ſimultanée de pluſieurs puiſſances, compoſe ſon mouvement, & prend une direction moyenne entre celles que chacune de ces puiſſances tend à lui faire ſuivre. Or, tout corps qu'on lance parallelement ou obliquement à l'horiſon, ſe trouve néceſſairement ſoumis à l'action de deux puiſſances: 1°. à l'action de la force projectile qui le dirige ſuivant une direction parallele ou oblique à l'horiſon: 2°. à l'action de la peſanteur qui ſe fait ſentir efficacement ſur tous les corps qui ne ſont point ſoutenus. Il doit donc compoſer ſon mouvement, & prendre une direction moyenne entre les deux qu'il reçoit alors. C'eſt cette eſpece de mouvement qu'on déſigne en Phyſique ſous le nom de *mouvement mixte*, comme participant tout-à-la-fois du mouvement uniforme & du mouvement non uniforme, ſoit que ce dernier ſoit accéléré ou retardé. De la com-

binaiſon de ces deux forces, & des variations auxquelles elles peuvent être expoſées, naiſſent une multitude de phénomenes dans le détail deſquels nous ne pouvons nous permettre de deſcendre. Nous conſidérerons ſeulement ici, celui qui ſe préſente le plus ordinairement à nos recherches, & que le Phyſicien ne peut étudier avec trop de ſoin.

Effet de la force projectile combinée avec la peſanteur.

(229) *Tout corps mis en mouvement par une force projectile, qui le détermine ſelon une direction parallele ou oblique à l'horiſon, décrit néceſſairement une courbe.*

Tout corps, en effet, ſoumis à l'action de deux puiſſances qui le maîtriſent en même-temps, ſe prête néceſſairement à l'effort que chacune fait contre lui, & compoſe ſon mouvement des directions que chacune tend à lui faire prendre (107). Or, dans l'hypothèſe préſente, le mobile eſt en même-temps ſoumis à l'action de la force projectile qui l'anime, & à la peſanteur qui le maîtriſe. La premiere tend à le faire mouvoir uniformément, à lui faire parcourir des eſpaces égaux, en temps égaux, abſtraction faite toutefois de la réſiſtance du milieu; & l'autre tend à le faire mouvoir d'un mouvement accéléré vers un centre. Il doit donc ſe prêter de

Animé de ces deux forces, le mobile décrit une courbe.

plus en plus à l'action de cette dernière puissance, & conséquemment décrire une courbe.

Supposons, en effet, qu'un mobile quelconque soit déterminé à se mouvoir en vertu d'une force projectile, selon la direction AB (plan. 6, fig. 2), de façon qu'à chaque instant, il doive parcourir des espaces égaux, AC, CP, PB. Dès l'instant que ce mobile sera abandonné à lui-même, il sera soumis à l'action de la pesanteur, selon la direction AZ, vers le centre de la terre. Supposons maintenant que cette derniere force tende à lui faire parcourir AD, dans le premier instant. Il sera donc alors soumis à deux forces, dont l'une le sollicitera en C, & l'autre en D. Son mouvement deviendra donc alors composé des deux directions AC, AD, & conséquemment il décrira la diagonale AE, du parallélograme ACDE. Si, lorsqu'il est parvenu en E, la pesanteur cessoit d'agir sur lui, il continueroit à se mouvoir selon la même direction EH; mais parvenu au point E, à la fin du premier instant, la pesanteur se fait encore sentir pendant le second instant, & le détermine à se mouvoir de E en F, quantité trois fois plus grande que AD (202). Le mouvement de ce mobile devient

Pl. 6, fig. 2.

donc encore compoſé de deux directions. 1°. De la direction E G, égale A C, en vertu de la force projectile qui ſubſiſte dans ce ſecond inſtant. 2°. De la direction E F, en vertu de la peſanteur. Il doit donc parcourir alors la diagonale E I, du parallélograme E G I F. Parvenu au point I, il ſuivroit la même direction, ſelon I M, dans le troiſieme inſtant, ſi l'action de la peſanteur devenoit nulle; mais comme elle le maîtriſe encore pendant la durée de cet inſtant, & qu'elle tend à lui faire parcourir la ligne I N, cinq fois plus grande que A D (202); tandis que la force projectile le ſollicite de I en L, égale A C, ſon mouvement ſera donc encore compoſé des directions I L, I N, & il décrira la diagonale I O, du parallélograme I N O L.

Or, ces trois diagonales A E, E I, I O, ſont toutes inclinées les unes aux autres, & repréſentent chacune le mouvement du mobile, pendant un temps fini & déterminé. Mais chaque inſtant fini & déterminé, eſt compoſé d'un nombre infini d'inſtans infiniment petits, pendant leſquels les forces qui animent le mobile, ſe combinent continuellement enſemble. Le mouvement réel de ce mobile devroit donc être repréſenté par des

diagonales infiniment petites, contiguës, & ſemblablement inclinées les unes aux autres. Mais une telle ſuite de diagonales, formeroit néceſſairement une courbe. Donc le mobile qui obéit en même-temps à l'impulſion d'une force projectile, & à celle de la peſanteur, décrit véritablement une courbe.

Nature de cette courbe.

(230) On prétend généralement que la courbe que décrit le mobile, en pareilles circonſtances eſt une véritable *parabole*. On démontre que les quarrés des ordonnées à l'axe de cette courbe, ſont entre eux comme les abciſſes correſpondantes.

Conſidérant, en effet, la ligne A S comme l'axe de la courbe, A D, A R, A S en ſeront les abciſſes, & D E, R I, S O ſeront les ordonnées : or, par la conſtruction, on a A D eſt à A R, eſt à A S, comme DE^2 eſt à RI^2 eſt à SO^2. La courbe compriſe dans le trajet A E I O, jouit donc de la propriété caractériſtique de la parabole, & conſéquemment doit être regardée comme une véritable parabole. En la conſidérant cependant dans toute la rigueur géométrique, il paroît que les données ne ſont point abſolument exactes.

1°. Il faudroit que les lignes A D, E F, I N,

IN, qui représentent les directions de la force accélératrice, fussent paralleles entre elles, telles que nous les supposons; ce qui va directement contre la nature de cette force, qui détermine les corps perpendiculairement au centre des graves, & qui fait conséquemment que ces lignes sont convergentes vers ce centre de réunion.

2°. Il faudroit que les espaces parcourus, en vertu de la force projectile, fussent parfaitement égaux; ce qui ne peut être rigoureusement vrai, eu égard à la résistance que tout milieu oppose au mouvement d'un mobile.

3°. Il faudroit enfin que les espaces parcourus, en vertu de la force accélératrice, fussent exactement comme les quarrés des temps employés à les parcourir, condition à laquelle la résistance du milieu s'oppose encore davantage.

Il n'est donc pas rigoureusement vrai qu'un corps, soumis tout à la fois à l'impulsion d'une force projectile, & à l'action de la pesanteur, décrive une parabole. La courbe qu'il décrit, doit varier plus ou moins, à raison de l'intensité des obstacles que nous venons de faire connoître. Si le grand *New-*

ton fut bien perſuadé de cette vérité, il n'eſt cependant pas encore démontré que cette courbe approche davantage, comme il le prétend, de la nature de l'*hyperbole*, que de celle de la *parabole*.

Nous remarquerons, en effet, que les corps ne tombant pas d'une grande hauteur, ces trois obſtacles ſe réduiſent à bien peu de choſes. Le centre de la terre étant éloigné d'environ quinze cens lieues de ſa ſurface, le défaut de paralleliſme des lignes AD, EF, IN, n'eſt pas aſſez ſenſible pour mériter quelque conſidération, ſur-tout dans la pratique. Nous liſons dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, que *Blondel* s'étant occupé à calculer cette erreur, il trouva qu'elle n'alloit qu'à cinq pouces & demi, ſur cinq cens toiſes qu'une bouche à feu pointée horiſontalement, ſur le ſommet d'une montagne élevé de cent toiſes, fait parcourir à un boulet de canon.

Quant aux deux autres erreurs, occaſionnées par la réſiſtance du milieu, elles ſe réduiſent à très-peu de choſes, dans les chûtes telles que celles qui peuvent être occaſionnées par une bouche à feu.

Ces différences ſont donc encore moins

sensibles, si on fait parcourir au mobile des espaces beaucoup plus petits. Aussi l'expérience paroît-elle confirmer assez complétement que la courbe décrite dans ces circonstances est une véritable parabole. On peut consulter, pour la faire, notre ouvrage intitulé, (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *pl.* X, *fig.* 1.)

(231) C'est sur la théorie bien connue de cette courbe que les corps décrivent, lorsqu'ils sont maîtrisés en même temps par une force projectile, qui les dirige parallelement, ou obliquement à l'horison, & par l'action de la pesanteur, que sont fondés tous les principes de la *balliſtique*, partie de l'artillerie, qui nous apprend à pointer comme il convient une bouche à feu, tel qu'un mortier, un canon, ou tout autre instrument de cette espece, pour qu'une bombe, ou un boulet aille frapper le but qu'on se propose d'atteindre. Différentes applications de ce phénomene.

Nous observerons cependant que la pratique ne répond pas exactement à la théorie. Elle s'en éloigne plus ou moins, non cependant assez pour qu'on puisse imaginer que la théorie ne soit point exacte; mais ces écarts viennent de quelques difficultés que la théo-

rie ne peut ſurmonter. Ces difficultés dépendent de l'inflammation de la poudre dont on fait uſage, & qu'on doit regarder comme la force projectile, & de la réſiſtance de l'air qu'on ne peut éviter.

Quelqu'attention qu'on ait apporté juſqu'à préſent pour bien éprouver la qualité de la poudre ; quelques réflexions qu'on ait faites ſur ſon inflammation, & conſéquemment ſur la longueur qu'il convient de donner à une bouche à feu, & ſur la charge de poudre qu'on doit employer dans le ſervice de cette piece, la portée n'eſt cependant pas exactement la même dans tous les coups qu'elle tire ſous le même angle. Ces différences, à la vérité, ne vont gueres qu'à quelques toiſes, encore ſont-elles occaſionnées en partie par la réſiſtance de l'air.

Il n'eſt pas hors de propos de faire obſerver encore à cet égard, que ſi on n'obtient point toute la portée du jet qu'on ſe croit en droit d'attendre d'une charge de poudre donnée ; on ne parviendra point toujours à corriger cette erreur, en augmentant la charge. Quoiqu'il paroiſſe aſſez naturel de croire qu'en augmentant cette charge, elle dût produire plus d'effet, & lancer plus loin le

boulet qu'elle chaſſe ; il eſt néanmoins de juſtes bornes qu'il ſeroit inutile d'excéder. On ſait qu'il n'y a que la quantité de poudre qui s'enflamme, tandis que le boulet eſt encore dans l'ame de la piece, qui agiſſe efficacement contre ce boulet. Dès qu'il eſt ſorti de la piece, la quantité de poudre qui continue à s'enflammer, n'agit plus contre lui, & devient inutile. Il pourroit même arriver qu'une trop grande charge de poudre nuisît à ſa portée, & cela arriveroit même effectivement, ſi la chambre du canon, deſtinée à recevoir la poudre, étoit cylindrique, comme elles le ſont preſque toutes. Dans ce cas, la poudre occupant une plus grande partie de l'ame de la piece, celle qui reſte à parcourir au boulet, pendant le temps de l'inflammation, deviendroit plus petite à proportion. Il emploieroit donc moins de temps à la parcourir, toutes choſes égales d'ailleurs, & conſéquemment il recevroit une moindre impreſſion de la charge qui le pouſſeroit. On doit conclure de-là, que la longueur d'une piece de canon, n'eſt rien moins qu'indifférente. Auſſi les plus célebres Artilleurs ſe ſont-ils toujours occupés particuliérement de cet objet. Ceux qui ſeront curieux de

s'inſtruire ſur une matiere auſſi importante ; pourront conſulter avantageuſement le *Manuel de l'Artillerie de Louis Collado*, *le grand Art de l'Artillerie de Caſimir Siemienowicz*, *Belidor*, *&c.*

Applications plus familieres de ce même phénomene.

(232) Nous trouvons encore nombre d'applications plus familieres de la théorie du mouvement mixte, dans quantité de phénomenes qui ſe préſentent habituellement à nos recherches, & auxquels nous ne faiſons pas toujours toute l'attention qu'ils méritent.

La liqueur qui s'échappe par le fond d'un tonneau qu'on met en perce, celle qui s'élance des parois d'un vaiſſeau percé latéralement, ſoumiſe, à ſa ſortie, à l'action de la peſanteur, compoſe ſon mouvement, & de la force qui la pouſſe au dehors, & de celle que la peſanteur lui imprime à ſa ſortie du vaiſſeau. Or, ſi on conſidere la courbe qu'elle décrit, on verra facilement que cette courbe eſt une véritable parabole. C'eſt ce qu'on peut même vérifier par expérience, en faiſant uſage de l'appareil que nous avons décrit (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. X, fig. 2*).

Un Cavalier qui va directement devant lui, jette obliquement de bas en haut une

orange qu'il tient à la main. Celui qui ſeroit placé ſur le terrein, parallelement à la ligne que le cheval parcourt alors, verroit aſſez ſenſiblement que cette orange décrit en montant & en deſcendant, une portion de parabole. Il en eſt de même, en général, de tous les corps qui ſont maîtriſés en même-temps, & par une force projectile uniforme, & par la peſanteur, ainſi que nous l'avons déja fait ſuffiſamment obſerver.

PARAGRAPHE CINQUIEME.

De la cauſe de la peſanteur.

(233) Quoique l'opinion du célebre *Herman*, Profeſſeur de Francfort, nous paroiſſe très-fondée ; quoique nous ſoyons de ſon avis ſur la cauſe de la peſanteur, qu'il regarde, dans une Diſſertation hiſtorique & très-curieuſe à ce ſujet, comme une cauſe qui nous eſt totalement inconnue, & que probablement nous ne découvrirons jamais, nous ne croyons pas devoir laiſſer ignorer toutes les recherches qu'on a faites pour parvenir à cette connoiſſance. *Empedocle*, qui vivoit plus de 400 ans avant l'ere chrétienne, fut le premier des Philoſophes qui

connut les effets de la peſanteur, & qui voulut en découvrir la cauſe. Il croyoit que la révolution du Ciel dirigeoit les corps vers la ſurface de la terre, qu'il regardoit comme le centre de cette révolution, & occaſionnoit les effets de la peſanteur. *Platon*, qui vivoit dans le même-temps, adopta cette idée; mais *Ariſtote*, ſon Diſciple, l'abandonna ſans nous ſatisfaire davantage ſur cet objet; & depuis ce célebre Philoſophe, juſqu'à *Kepler*, qui vivoit dans le ſeizieme ſiecle, il ne paroît pas qu'on ſe ſoit occupé de cette queſtion. Celui-ci imagina certains eſprits, certains écoulemens incorporels qui tiroient, diſoit-il, les corps vers le centre de la terre. Ce fut à-peu-près de cette maniere qu'on raiſonna juſqu'au temps de *Deſcartes*. *Gaſſendi* cependant avoit déja reconnu toute l'abſurdité des ſyſtêmes qui l'avoient devancé, & il avoit cru réſoudre parfaitement la difficulté, en conſidérant la terre comme une eſpece d'aiman, d'où ſort une très-grande quantité de rayons, qui, comme autant d'hameçons, tirent les corps vers le centre de ce globe. Mais on voit par cette légere eſquiſſe, le peu de cas qu'on doit faire de l'opinion des Anciens ſur cette matiere, & combien il ſeroit

inutile d'inſiſter davantage ſur les différentes opinions qu'on a ſucceſſivement imaginées pour expliquer ce phénomene. Nous rangerons donc ſous deux claſſes ſeulement celles qui méritent d'être connues.

(234) Les uns veulent que les corps élevés au-deſſus de la ſurface de la terre, retombent perpendiculairement vers ſon centre, en vertu d'une force extérieure qui les maîtriſe, & qui tend à les y conduire, par une *impulſion*, qui ſurmonte la force centrifuge qui les anime. Deux opinions générales ſur la cauſe de la peſanteur.

Les autres regardent, cet effet, comme celui d'une force intrinſeque, qui les attire vers ce centre, ou comme une loi conſtante de la nature, qui ne reconnoît d'autre méchaniſme que la volonté ſuprême du Créateur.

(235) Les partiſans de la premiere de ces deux opinions ne ſont point abſolument d'accord entre eux : de-là cette multitude de modifications particulieres qu'on donna ſucceſſivement au ſyſtême de l'impulſion, relativement à la chûte des corps, & dont nous ne donnerons qu'une légere idée, ſuffiſante cependant, pour qu'on puiſſe juger de la multitude de recherches qu'on a faites à ce ſujet. Expoſition de la premiere.

Toutes ces hypotheſes ſont fondées ſur un principe univerſellement reconnu, & dont nous conſtaterons la certitude dans l'article ſuivant ; ſavoir, que *ſi pluſieurs corps ſont renfermés dans le même eſpace, d'où ils ne puiſſent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occaſionnera la force centripete des autres.*

Opinion de Deſcartes.

D'après ce principe, *Deſcartes* regarde le mouvement de rotation du tourbillon qu'il imagine autour de la terre, comme la cauſe immédiate de la peſanteur des corps ſublunaires.

Il prétend donc (1) que notre globe eſt entouré d'une matiere fluide qui circule dans la direction de l'équateur. Que ce tourbillon eſt doué d'une vîteſſe beaucoup plus grande que celle qui emporte la terre avec lui, & tous les corps ſublunaires avec elle, même placés à des hauteurs aſſez conſidérables au-deſſus de la ſurface de notre globe. Que cet excès de vîteſſe lui imprimant une plus grande force centrifuge, toutes choſes égales d'ailleurs, cet excès de force centrifuge occaſionne la force centripete des corps ſublunaires, ou

(1) Deſcartes, prin. phil. par. 4.

cette tendance à ſe porter perpendiculairement au centre de notre globe.

Deſcartes étoit ſi perſuadé de la vérité de ſon opinion, qu'il oſa même défier l'expérience de le démentir. Il propoſa, en effet, de remplir d'eau, ou de tout autre fluide un globe creux de cryſtal, & d'introduire dans cette eau quelques corps ſpécifiquement moins peſans que ce fluide, & il aſſura que ſi on faiſoit mouvoir rapidement ce globe ſur ſon axe, on verroit les corps légers ſe précipiter au centre du globe, par l'excès de force centrifuge que les parties du liquide recevroient dans leur rotation.

(236) On ſait d'après l'expérience de *Hughens*, que les corps abandonnés à eux-mêmes, dans le climat de Paris, parcourent quinze pieds pendant la durée de la premiere ſeconde de leur chûte. Or, le calcul nous apprend que cet effet ne pourroit être produit par l'excès de force centrifuge du tourbillon de la terre, à moins qu'on ne ſuppoſât à ce tourbillon une vîteſſe dix-ſept fois plus grande que celle qui entraîne les corps, placés vers la ſurface de notre globe. Mais quand il ſeroit poſſible, comme le prétend Réfutation.

M. *Saurin* (1), d'admettre cet excès de vîteſſe, ſans qu'il s'enſuivit les inconvéniens que MM. *Hughens* & *Newton* déduiſent d'une de pareille vîteſſe ; quand il ſeroit vrai de dire qu'on peut expliquer, dans cette ſeule ſuppoſition, l'accélération des graves, nonobſtant les obſervations de M. *Bouguer*, qui paroiſſent s'y oppoſer ; il ne s'enſuivroit pas pour cela que les corps ſublunaires fuſſent exactement portés par une perpendiculaire au centre de la terre.

M. *Hughens* ſentit parfaitement cette impoſſibilité, lorſqu'il démontra, avant même d'avoir conſulté l'expérience propoſée par *Deſcartes*, que le ſuccès ne devoit point être tel qu'on l'annonçoit. Il prétendit, & avec raiſon, que tous les corps légers, placés dans le liquide dont nous avons parlé ci-deſſus, devoient tomber dans l'axe & non dans le centre du globe. L'expérience juſtifia parfaitement l'idée de M. *Hughens*.

Expérience de Deſcartes, qui contrarie ſon opinion.

Si on fait, en effet, mouvoir ſur ſon axe un globle de cryſtal rempli d'eau, & dans lequel on a conſervé une bulle d'air, qui y

(1) Saurin, Journ. des Savans, an. 1703.

occupe, vers la partie ſupérieure du globe, lorſqu'il eſt en ſituation, un petit ſegment de ſphere; on remarque que la bulle d'air ſe diviſe en pluſieurs petits globules: que ces globules ſe répandent dans les différens cercles paralleles à l'équateur de ce globe, & on les voit enſuite maîtriſés par l'excès de force centrifuge de chaque cercle d'eau qui les contient, ſe précipiter au centre de chacun de ces cercles, & former une eſpece d'axe argentin à la ſphere liquide renfermée dans le globe. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. X, fig. 3.*)

Concevons, en effet, la ſphere X, (plan. *6*, fig. 3), comme diviſée en pluſieurs tranches perpendiculaires à l'axe A B, & paralleles à l'équateur *a b*. La maſſe d'eau renfermée dans cette ſphere, pourra donc être conſidérée comme compoſée de pluſieurs cercles paralleles à l'équateur *a b*, & enfilés ſur le même axe A B. De-là, on conçoit qu'au moment où l'on fait tourner ce globe, ſa ſurface intérieure entraîne dans ſon mouvement celle du fluide qui la touche immédiatement. La petite maſſe d'air C ſe trouve donc déplacée dès le premier tour que fait le globe. Ce déplacement produit ſa diviſion en pluſieurs pe- Pl. 6, fig. 3.

tits globules. Etant en effet portée plus bas qu'elle n'étoit, ſa légereté reſpective tend à la faire remonter vers la partie ſupérieure du globe : mais elle y rencontre de l'eau en mouvement qui la ſépare en pluſieurs parties; ces parties également preſſées en toute ſorte de ſens, par le fluide qui les enveloppe, ſe réduiſent en globules plus ou moins gros. Ces globules repartis dans les différens cercles fluides que nous venons de conſidérer dans la ſphere d'eau, ſont maîtriſés chacun par l'excès de force centrifuge de l'eau, & précipités aux centres particuliers de chacun de ces cercles. Mais tous ces centres étant alignés dans le même axe, tous ces globules ſe portent néceſſairement à l'axe du globe, ainſi que l'expérience le démontre, lorſque cet axe eſt parallele à l'horiſon.

Difficulté contre cette expérience.

(237) Quoique cette expérience ne ſoit nullement compliquée, & qu'elle ſoit fondée ſur la théorie des forces centrales, elle eut néanmoins quelque contradiction à eſſuyer de la part de ceux qui deſiroient la voir réuſſir autrement. *Iſaac Voſſius* prétendit que des balles de plomb, de fer, &c. plongées dans un vaſe d'eau, qui ſe meut circulairement, tendent vers le centre du vaſe, tandis

que des boules de bois, qui flottent ſur la ſurface de l'eau, s'éloignent vers les bords du vaiſſeau.

On ne peut guere imaginer de quelle maniere *Voſſius* s'y prit, pour faire réuſſir cette expérience, & pour en obtenir le réſultat qu'il annonce : mais on ſait qu'on peut aiſément porter au centre d'un globe ſemblable à celui dont on fait uſage, pour l'expérience précédente, une boule de cire leſtée de plomb, & conſéquemment plus peſante qu'un pareil volume d'eau. Il ne s'agit, pour cela, que de faire mouvoir le globe très-lentement ; & lorſque la boule ſe trouve éloignée de quelques pouces de l'axe, de ranimer alors la vîteſſe du globe, en accélérant ſon mouvement de rotation. Souvent on voit cette boule ſe précipiter au centre, & s'y contenir conſtamment. Plus ſouvent cependant l'expérience ne réuſſit pas ; mais il ſuffit qu'elle réuſſiſſe quelquefois, pour mériter d'être expliquée, puiſqu'elle paroît contredire la théorie que nous venons d'expoſer.

Chaque fois qu'on voit aller au centre de la rotation, un corps qui circule avec un fluide, il eſt naturel d'en conclure que ſa force centrifuge eſt moindre que celle du

fluide. Or, quelle peut être ici la cauſe de l'excès de force centrifuge d'un fluide, dont la peſanteur ſpécifique eſt moindre que celle de la boule de cire ? C'eſt, ſans contredit, ſon excès de vîteſſe ; & voici de quelle maniere il faut concevoir ce phénomene.

Lorſque la boule de cire ſe trouve à quelques pouces de l'axe du globe, on augmente alors tout-à-coup le mouvement de rotation de ce globe. Ce mouvement ſe tranſmet immédiatement à la maſſe d'eau qui le touche. Mais cette maſſe fluide ne tranſmet pas d'abord toute cette augmentation de vîteſſe au ſolide qu'elle enveloppe. De-là, l'excès de vîteſſe de l'eau fait plus que compenſer l'excès de maſſe de la boule de cire, & conſéquemment la force centrifuge de l'eau ſe trouvant, pendant quelques momens, ſupérieure à celle de cette boule, c'eſt alors qu'elle produit ſon effet, & qu'elle porte ce ſolide au centre de la rotation. Arrivée à ce centre, la boule de cire tourne ſur elle-même ; ſes parties acquierent alors des forces centrifuges oppoſées qui la retiennent dans cette ſituation. Toute contradictoire que cette expérience paroiſſe au premier aſpect, elle ne va donc point contre la théorie que nous avons

avons ſuffiſamment développée, & qu'on peut encore confirmer par l'expérience ſuivante.

Expérience qui confirme la théorie précédente.

Renfermez comme précédemment une groſſe bulle d'air, dans l'intérieur du globe, dont nous avons fait uſage pour l'expérience précédente ; ajoutez-y un corps étranger, ſpécifiquement plus peſant que l'eau, mais réduit en petites parcelles : ſuppoſons de la cire d'Eſpagne broyée, & en ſuffiſante quantité. Faites tourner ce globe ſur ſon axe, & vous obſerverez, comme dans la premiere expérience, que l'air ſe portera à l'axe du globe, tandis que la cire d'Eſpagne, acquérant, par l'excès de ſa maſſe, une plus grande force centrifuge que l'eau, ſe portera vers la circonférence, où elle deſſinera l'équateur du globe d'une maniere très-ſenſible.

Il eſt donc conſtant que les corps ſpécifiquement plus légers que le fluide dans lequel ils ſont renfermés, venant à circuler avec lui, ſont entraînés dans l'axe de la révolution, tandis que ceux qui ſont plus peſans, ſont portés vers ſa circonférence ; ce qui eſt, on ne peut plus conforme aux loix des forces centrales, que nous établirons plus bas. Cette expérience prouve en même temps la fauſſeté

de l'opinion de *Deſcartes*, ainſi que *Hughens* l'avoit démontré ; puiſqu'au lieu de ſe porter au centre, les corps qui ont moins de force centrifuge, ſont entraînés ſur la longueur de l'axe.

Hypothèſe de Deſcartes, modifiée par Hughens.

(238) L'idée de ce Philoſophe étoit néanmoins trop ingénieuſe, pour qu'on pût l'abandonner aiſément. M. *Hughens* lui-même l'embraſſa avec complaiſance, & la modifia de cette maniere.

La matiere fluide, dit-il, qui circule autour de la terre, tend conſtamment à s'éloigner du centre de ſon mouvement. Or, comme tout eſt plein, ce mouvement rapide dont elle eſt douée, & la tendance que le mouvement circulaire lui imprime, font qu'elle repouſſe, vers le centre de la terre, les corps qui ſont moins propres qu'elle à ſuivre le mouvement auquel elle obéit. Cela poſé, une pierre, par exemple, eſt bien moins propre que la matiere fluide à tourner autour de la terre, parce que cette pierre, dit M. *Hughens*, fut-elle réduite en un atome de pouſſiere, eſt encore extrêmement groſſe, par rapport à la matiere ſubtile, & conſéquemment elle reçoit de cette derniere, différentes impreſſions contraires qui ſe dé-

truisent. Les unes la sollicitent à tourner d'orient en occident ; les autres d'occident en orient, &c. elle doit donc demeurer sans mouvement circulaire, & conséquemment être précipitée au centre.

On voit manifestement, que le fondement de cette nouvelle hypothèse, n'est autre chose que la multitude de mouvemens circulaires différens, que M. *Hughens* attribue à la matiere subtile. Aussi dit-il que cette matiere, douée d'un mouvement extrêmement rapide, emploie cette force à décrire autour de la terre, une infinité de cercles, ou de surfaces sphériques, toutes différemment entrelacées les unes dans les autres, dont la plus grande partie n'a d'autre centre que celui de la terre.

(239) Au lieu d'un seul tourbillon, tel que *Descartes* l'avoit imaginé autour de notre globe, M. *Hughens* en suppose une multitude qui se croisent en différens sens. Mais comment concevoir qu'une multitude de couches fluides puissent être renfermées les unes dans les autres, se mouvoir en différens sens, agir les unes contre les autres, sans se confondre, & sans que des mouvemens aussi opposés se nuisent ? C'est cependant ce qui devroit né- Réfutation.

ceſſairement arriver dans cette hypothèſe ; en faveur de laquelle ſon Auteur invoque l'expérience.

Que l'on faſſe, nous dit-il, tourner de l'eau dans un vaiſſeau, dont le fond ſoit applati, après y avoir inſinué de petites parcelles de matiere plus peſante que l'eau. On verra d'abord ces petits corps flottans dans l'eau, à cauſe de ſon agitation, ſuivre ſon mouvement circulaire, ſans s'approcher du centre du vaiſſeau. Mais ſitôt qu'ils commenceront à toucher le fond, & que leur mouvement circulaire ſera interrompu, ou diminué par cet obſtacle, ils iront vers le centre, par des lignes ſpirales, & ils s'y amaſſeront.

Si, au contraire, on s'oppoſe au mouvement circulaire du corps étranger, en l'arrêtant par le moyen de deux fils, alors, ſi après avoir fait tourner le vaiſſeau pendant quelque temps, on l'arrête ſubitement, l'eau conſervera encore ſon mouvement circulaire, & ce corps ira au centre, non par une ligne ſpirale, car il ne peut prendre de mouvement circulaire, mais par une ligne droite, & parvenu au centre, il y demeurera fixement.

Nous ne nous occuperons point à diſcuter cette expérience, qui ne réuſſit pas auſſi pré-

ciſément que M. *Hughens* l'annonce. Elle ne ſeroit point d'ailleurs une preuve aſſez ſolide de l'hypothèſe de ce célebre Phyſicien. Auſſi tomba-t-elle en diſcrédit dès ſon origine.

(240) Les difficultés inſurmontables auxquelles l'hypothèſe de *Deſcartes* ſe trouvoit expoſée, ne rebuterent point les Partiſans de l'impulſion. M. *Regis*, l'un de ſes plus zélés défenſeurs, en vint même juſqu'à ſoutenir que les graves ne tendoient point directement au centre de notre globe, par une perpendiculaire, mais effectivement au centre des différens cercles paralleles à l'équateur, dans leſquels ils ſe trouvoient placés. Conſéquemment il ſoutenoit que l'expérience de *Deſcartes*, celle qu'il avoit propoſée, & que nous avons indiquée ci-deſſus (237), étoit la preuve la plus convaincante & la moins équivoque de la certitude de ſon hypothèſe. Hypothèſe de Regis.

(241) S'il en étoit ainſi, ce que perſonne, après *Regis*, n'a oſé ſoutenir, il eſt conſtant que tous les peuples verroient les mêmes étoiles à leur zenith; le niveau vrai ne ſeroit point différent du niveau apparent, & les plus grands nivellemens ne ſeroient point aſſujettis aux corrections indiquées par le Réfutation.

célebre *Picard.* Perſonne n'oſant donc révoquer en doute la véritable direction des corps abandonnés à eux-mêmes, & ſoumis à l'action de la peſanteur, les plus célebres Carthéſiens ne s'occuperent qu'à modifier l'opinion de leur Maître. Le ſavant *Deſmolieres*, l'ingénieux *Fontenel*, le P. *Regnault*, qui ſut mettre la Phyſique à la portée de tout le monde, & rendre cette étude auſſi agréable qu'inſtructive, l'infatigable *Varignon*, *Duhamel*, & pluſieurs autres, ſe diſtinguerent ſpécialement en cette recherche.

Nous ne croyons pas devoir analyſer ici cette multitude d'hypothèſes, toutes ingénieuſes qu'elles ſoient: outre qu'elles ne ſont point abſolument du reſſort de la Phyſique expérimentale, celle de *Privat Deſmolieres*, ſur-tout, exigeroit des détails particuliers ſur la nature de ſes tourbillons. Ceux qui ſeront curieux de la bien connoître, pourront conſulter ſon Ouvrage (1). On pourra conſulter pareillement celui de M. *de Fontenel* (2). Nous ne dirons rien également de celle du P. *Regnault.* Elle n'eſt pas différente

(1) Deſmolieres, Leçons de Phyſiq.

(2) Fontenel, Théorie des tourbillons Carthéſiens.

de celle de *Bulfinger*, dont nous parlerons plus bas. On peut d'ailleurs en voir le développement dans l'agréable Ouvrage de l'Auteur (1). Nous nous bornerons donc à expoſer ici, & en peu de mots, l'opinion de M. *de Varignon*, non qu'elle ſoit plus ingénieuſe que les autres, mais comme fondée ſur un principe tout-à-fait différent, & pour faire voir en même-temps que la ſuppoſition la plus abſurde n'eſt pas toujours capable de mettre un frein à l'imagination du plus habile Phyſicien, lorſqu'elle eſt une fois ſéduite par une idée qui lui plaît.

(242) M. *de Varignon* regarde également le mouvement des corps ſublunaires vers le centre de la terre, comme l'effet d'une impulſion extérieure; & voici comment il explique cette impulſion (2). Hypothèſe de Varignon.

Imaginez, dit-il, un ſolide de bois, de figure cubique, dont chaque côté étant d'un pouce, par exemple, ſoit environné d'air de tous côtés. Suppoſez que toutes les parties de ce fluide ambiant ſoient également mues

(1) Regnault, Entretiens de Phyſiq. huit. édit.

(2) Varignon, Mém. de l'Acad. des Scien.

en tous ſens. Cela poſé, que ce cube ſoit d'abord élevé à un pouce de diſtance au-deſſus de la ſurface de la terre. Pour ſaiſir l'effet que doit produire ce fluide ambiant, imaginez, pour un inſtant, que le globe terreſtre ſoit entouré, mais à une très-grande diſtance, à dix lieues, par exemple, d'une voûte ſolide & impénétrable. Il paroît conſtant, dit M. *de Varignon*, que les parties d'air qui enveloppent ce globe ſolide, étant en mouvement en tout ſens, le frapperont inceſſamment par chacune de ſes faces. Or, des ſix qu'on ſuppoſe à ce corps, il y en a quatre qui ſont également frappées, & par d'égales quantités de matiere. La face, par exemple, qui eſt tournée vers l'orient, étant égale à celle qui eſt tournée vers l'occident, elles recevront chacune une égale impulſion, puiſqu'il n'y a pas plus de matiere du côté de l'orient, que de celui de l'occident, & que cette matiere exerce ſon action ſur des faces égales. Il en ſera de même par rapport aux deux faces de ce corps, qui ſont tournées, l'une au midi, & l'autre au ſeptentrion. Ce corps ne ſera donc pas plus pouſſé de l'un de ces quatre côtés, que de l'autre; & s'il n'étoit ſoumis qu'à ces quatre impulſions,

il reſteroit en équilibre & en repos, dans l'endroit où il ſeroit placé. Mais il ne doit pas en être de même par rapport aux deux autres faces, dont l'une regarde la terre, & l'autre le ciel. On y apperçoit auſſi-tôt un principe d'inégalité. Il n'y a qu'un pouce de diſtance qui ſépare ce corps de la terre, & conſéquemment qu'un pouce d'air entre ſa ſurface inférieure & celle du globe terreſtre. La ſurface inférieure de ce corps ne reçoit donc d'impulſion que de la quantité d'air qui remplit cet eſpace d'un pouce, tandis que la face oppoſée reçoit l'impulſion de toute la quantité d'air interceptée entre cette face & la voûte ſolide que nous avons ſuppoſée. De-là ce corps doit être plus preſſé de ce dernier côté, & cet excès de preſſion doit le porter vers le centre de la terre.

Il y a plus, cette direction doit être perpendiculaire à ce centre; puiſque ce mobile ne pouvant céder à une autre impulſion, vers tout autre côté, eu égard à l'équilibre entre les forces qui le preſſent, comme nous l'avons déja fait obſerver; il ne peut obéir qu'à l'impulſion qui le dirige perpendiculairement de haut en bas. En ſuppoſant maintenant ce corps à des hauteurs différentes de la ſurface

de notre globe, on remarquera toujours le même principe d'inégalité, & conſéquemment le même effet, à moins qu'il ne ſoit placé à même diſtance de la terre & de la voûte ſolide, & il demeurera dans ce cas en ſituation. C'eſt par cette raiſon que la lune, ſatellite de la terre, ainſi que ceux de Jupiter & de Saturne, ſont retenus autour de ces planetes.

Mais au lieu de la voûte ſolide & impénétrable que nous avons ſuppoſée, il ſuffit d'imaginer une cauſe quelconque, qui termine notre air, & en arrête l'effort. Cette cauſe ſe trouve naturellement, dit M. *de Varignon*, dans les tourbillons qui terminent le nôtre, & dont le mouvement eſt extrêmement rapide autour de leurs centres. Cette extrême vîteſſe empêche néceſſairement la matiere du nôtre d'entrer dans ceux-là; ce qui produit le même effet que pourroit produire une voûte impénétrable.

Réfutation. (243) Telle fut en peu de mots l'idée de M. de *Varignon*, pour expliquer la chûte des corps : idée bien peu conforme aux principes de la ſaine Phyſique, & dont on ſaiſira aiſément toute l'abſurdité, lorſque nous traiterons de l'air, & que nous démontrerons,

par expérience, qu'une très-petite maſſe d'air eſt en état de contrebalancer, par ſon reſſort, la preſſion d'une colonne d'air de même baſe, & de toute la hauteur de l'atmoſphere. Malgré les difficultés auxquelles l'hypotheſe de *Deſcartes* fut toujours expoſée, ſon principe ne fut jamais abandonné. L'Académie des Sciences de Paris, propoſa même en 1728, pour ſujet du Prix qu'elle diſtribue tous les ans, *d'expliquer les effets de la peſanteur, dans l'hypotheſe de Deſcartes.*

(244) Parmi les différens Mémoires qui parvinrent à l'Académie, celui de M. de *Bulfinger* fut couronné, non à la vérité comme ſatisfaiſant à la queſtion, mais comme le plus ingénieux de ceux qui avoient concourus. Cet habile Phyſicien fait dépendre la chûte des corps de l'action ſimultanée de deux tourbillons, l'un deſquels ſe meut d'occident en orient, & l'autre du midi au ſeptentrion. Dans cette hypotheſe, les corps qui ſont élevés au-deſſus de la ſurface de la terre, & abandonnés à eux-mêmes, étant maîtriſés par deux puiſſances, dont l'une, le tourbillon qui ſe meut d'occident en orient, les dirige vers l'axe de la terre; & l'autre, celui qui ſe meut du midi au ſeptentrion, les porte vers

Opinion de Bulfinger.

l'équateur. Ces corps ainsi sollicités à se mouvoir, selon deux directions disparates, ne peuvent se prêter à l'action de ces deux puissances, qu'en suivant une direction moyenne entre celles que les deux tourbillons tendent à leur imprimer, & cette direction les porte par une perpendiculaire au centre de la terre.

Pour rendre cette idée plus sensible, soit le cercle A B C D (plan. *6*, fig. 4,), représentant le globe terrestre. Si la ligne B D fait l'office d'axe, & que A C tienne lieu d'équateur, R S sera l'un des tropiques.

Plan. 6, fig. 4.

Cela posé, qu'un corps soit abandonné à lui-même au point R; en vertu du tourbillon qui circule du midi au septentrion, il sera déterminé vers le point I de l'équateur A C. Pareillement l'action du tourbillon qui se meut d'occident en orient, le dirigera vers le point G de l'axe B D. Il suivra donc la ligne moyenne R Z entre ces deux directions, & il ira par une perpendiculaire au centre Z de la terre.

Réfutation.

(245) Rien de plus ingénieux, à la vérité, que cette modification de l'hypothese Carthésienne; & quoique l'expérience indiquée par son Auteur, pour la vérifier, ait eu le même sort que celle que *Descartes* appelloit à l'ap-

pui de la ſienne, il ne ſeroit point exact d'en déduire la fauſſeté de celle de *Bulfinger*, puiſque ſa machine ne ſatisfait point aux conditions du problême. Le globe qu'il propoſe, quoiqu'animé de deux mouvemens, ne communique point à la maſſe d'eau qui y eſt renfermée, deux mouvemens circulaires oppoſés à angles droits, tels qu'il les ſuppoſe dans les deux tourbillons qu'il admet. Ce n'eſt donc point d'après l'expérience, comme il a plu à quelques Phyſiciens de le faire, qu'il convient de prononcer contre l'opinion de ſon Auteur, mais bien d'après les principes les plus univerſellement avoués.

Perſonne n'ignore que deux tourbillons de matiere fluide qui ſe croiſent, ſous quelqu'angle que ce ſoit, ſe nuiſent mutuellement, & que leurs mouvemens ſe détruiſent à la longue, conformément aux loix de la miſcibilité des fluides homogenes. On ne peut donc concevoir comment les deux tourbillons de *Bulfinger* ſubſiſteroient dans le vaſte eſpace dans lequel ils ſe mouvroient, & comment ils agiroient efficacement, en deux ſens diſparates, ſur les corps qui s'y trouveroient plongés. On ne connoît donc encore aucune hypotheſe ſatisfaiſante, dans le ſyſtême de

l'impulſion, qui ſoit propre à expliquer la chûte des corps ſublunaires, par une perpendiculaire au centre de la terre. L'Abbé *Nollet* en convient lui-même (1), tout partiſan qu'il ſoit du Carthéſianiſme. On ne peut donc point concilier les phénomenes de la peſanteur avec les loix de la preſſion & de l'impulſion. On ne peut guere concevoir, en effet, comment il pourroit ſe faire que ces phénomenes dépendiſſent d'un fluide interpoſé entre le ſoleil & la terre. Les effets de la gravité, comme le remarque très-bien M. *Bouguer* (2), demeurent conſtamment les mêmes, dans les mêmes endroits de la terre, ſoit qu'elle ſoit aphélie ou périhelie, ſoit qu'elle ſoit dans les équinoxes, ou dans les ſolſtices. Or, ſi ces effets dépendoient d'un pareil fluide, ils ſeroient néceſſairement plus grands, lorſque la terre ſeroit périhelie, que lorſqu'elle ſeroit aphélie.

La peſanteur n'eſt que l'effet de l'attraction générale.

(246) Quoique nous ne connoiſſions point encore la nature de l'attraction, on voit manifeſtement que la peſanteur n'eſt que l'effet de cette loi générale.

(1) Nollet, Leçons de Phyſiq. expérim.

(2) Bouguer, Traité de la fig. de la terre.

Bien long-temps même avant que cette vérité fût auſſi généralement reçue qu'elle l'eſt aujourd'hui, les plus célebres Aſtronomes reconnoiſſoient une attraction générale entre les ſpheres céleſtes, & même entre toutes les parties de la matiere. C'étoit le ſentiment d'*Anaxagore*, de *Démocrite*, d'*Epicure*, *&c.*

Copernic n'attribuoit qu'à cette force, à cette tendance, la rondeur qu'on obſerve dans la forme des corps céleſtes. *Thyco* lui-même, nonobſtant le ſyſtême qu'il avoit embraſſé, admettoit une force centrale dans le ſoleil, en vertu de laquelle il maîtriſoit les planetes, il les retenoit dans les orbites qu'elles décrivoient autour de ſon centre. *Kepler*, génie plus vaſte & plus hardi que ceux qui l'avoient devancé, ſentit très-bien, comme l'obſerve M. *de la Lande* (1), que cette attraction devoit être générale & réciproque. Il voyoit toutes les planetes aſſujetties au ſoleil, & la lune à la terre, comme les corps ſublunaires que nous avons continuellement ſous les yeux. Il imaginoit très-bien que deux corps, deux pierres, par exemple, ſe réuniroient par leur attraction mutuelle, ſi elles étoient hors de la

(1) De la Lande, Aſtronomie.

ſphere d'activité de la terre ; que les eaux de la mer s'éleveroient vers la lune, ſi la terre ne les attiroit ; que la lune retomberoit vers la terre, ſi elle n'étoit retenue par la force qui lui fait parcourir ſon orbe.

Bacon étoit également de cet avis. Non-ſeulement il reconnoiſſoit une force générale d'attraction, mais il ſoupçonnoit encore que ſon intenſité devoit augmenter à proportion que les corps étoient plus proches les uns des autres. C'étoit dans cette vue qu'il propoſoit de placer des pendules ſur les endroits les plus élevés, & dans les lieux les plus profonds, pour y examiner avec ſoin le nombre de vibrations qu'ils feroient dans un temps donné, étant placés à des diſtances ſi différentes du centre de la terre. M. *Bouguer* & M. *de la Condamine* firent cette expérience, dans une autre vue cependant, & avec des modifications particulieres. Celui-ci porta un pendule à différentes hauteurs, & compta avec ſoin le nombre de vibrations qu'il faiſoit dans l'eſpace de vingt-quatre heures. M. *Bouguer* ſe contenta de meſurer les longueurs variées qu'il convenoit de lui donner, pour rendre ſes vibrations iſochrones, dans différentes ſtations qu'il fit depuis le niveau de la mer,

mer juſqu'au ſommet d'une montagne très-élevée. Les réſultats de leurs obſervations s'accorderent très-bien avec l'idée du Chancelier *Bacon*. Si ces réſultats ne furent cependant pas abſolument conformes entre eux, la différence en fut peu ſenſible, & on ne peut l'attribuer qu'à l'irrégularité de la figure de la terre, & au défaut de conformité dans ſa ſolidité. Peut-être même que la différence dans la température des lieux, contribua juſqu'à un certain point à la différence de leurs réſultats.

Galilée, *Hevelius*, *Roberval*, & ſur-tout le célebre *Hook*, admettent de même cette attraction univerſelle & réciproque. Ce dernier s'en explique poſitivement, & d'une maniere non équivoque, dans un excellent ouvrage qu'il publia en 1674. Après avoir expoſé qu'on remarque des forces attractives réciproques entre toutes les ſpheres céleſtes, il aſſure que ces forces ſont d'autant plus puiſſantes dans leurs effets, que les corps ſur leſquels elles ſe développent ſont plus proches du centre. Pour ce qui eſt, continue-t-il, de la proportion ſelon laquelle ces forces diminuent, à meſure que la diſtance augmente, j'avoue que je ne l'ai point vérifiée : d'où il

paroît qu'il étoit aſſez d'accord avec le célebre *Newton*, ſur l'exiſtence d'une attraction réciproque entre toutes les parties de la matiere, & qu'il étoit réſervé à ce dernier de mettre cette théorie dans tout ſon jour. Ce fut lui, en effet, qui découvrit cette loi générale d'attraction qui fit tant d'honneur à la pénétration de ſon génie, & à l'étendue immenſe de ſes connoiſſances.

Loi générale d'attraction, à de grandes diſtances.

(247) *La force attractive entre des corps qui agiſſent les uns contre les autres à de grandes diſtances, ſuit la raiſon directe des maſſes, & la raiſon inverſe du quarré de leurs diſtances.*

Elle croît donc dans un corps, dans la même proportion que ſa maſſe augmente, & que le quarré de ſa diſtance diminue, toutes choſes égales d'ailleurs.

S'il n'eſt pas poſſible de démontrer, par des faits iſolés, la premiere partie de cette propoſition, il eſt conſtant qu'on ne peut former aucun doute ſur ſa certitude. On conçoit facilement que chaque particule de matiere étant douée de la même faculté, la force attractive de deux, de trois particules, doit être double, triple, de celle d'une ſeule de ces particules. Quant à la ſeconde partie

de cette loi générale, tous les phénomenes aſtronomiques ſont autant de preuves qui la confirment. Nous en prendrons pour exemple le mouvement de la lune autour de notre globe, auquel elle ſert de ſatellite, & vers lequel la force attractive la maîtriſe continuellement.

On ſait que la diſtance moyenne de la lune au centre de la terre, eſt de ſoixante demi-diametres du globe terreſtre, & conſéquemment qu'elle eſt ſoixante fois plus éloignée de ce centre, que les corps qui ſont placés vers la ſurface de ce globe, dont la diſtance au centre n'eſt que d'un demi-diametre. On ſait pareillement que le quarré de 60 eſt 3600, produit de 60 multiplié par 60. Or, on démontre que la force attractive qui maîtriſe la lune vers le centre de la terre, agit 3600 fois moins ſur elle, que ſur les corps placés vers la ſurface de ce globe. (note 5.) Cette force ſuit donc, quant à ſon intenſité, & toutes choſes égales d'ailleurs, la raiſon inverſe du quarré de la diſtance. Ce que nous diſons de la lune, convient également à toutes les parties du ſyſtême planétaire. On démontre également que toutes les planetes ſont maîtriſées vers le

Note 5.

ſoleil, par une force attractive, dont l'intenſité ſuit la raiſon inverſe du quarré de leurs diſtances à cet aſtre. On obſerve le même phénomene dans les ſatellites de Jupiter & de Saturne. La force avec laquelle ils tendent vers le centre de leur planete principale, ſuit exactement la même proportion. C'eſt donc une force univerſelle qui maîtriſe toutes les parties de la matiere, & qui produit la chûte des corps ſublunaires, en les dirigeant par une perpendiculaire, au centre de la terre.

APPENDIX

Des forces vives.

(248) Nous ne croyons pas devoir paſſer ſous ſilence une queſtion qui fit trop de bruit dans ſon origine, pour être entiérement omiſe; mais nous ne croyons pas devoir la traiter avec toute l'étendue qu'on pourroit lui donner, ſi nous voulions expoſer toutes les ſubtilités métaphyſiques auxquelles on eut recours, pour faire valoir la nouvelle opinion qu'on vouloit introduire dans l'Ecole.

Avant *Leibnitz*, on étoit univerſellement d'accord ſur la maniere d'eſtimer la force

qui réſide dans les corps en mouvement, & on convenoit unanimement, que dans toute circonſtance donnée, cette force étoit égale au produit de la maſſe du mobile multipliée par ſa vîteſſe. *Leibnitz* crut avoir découvert une erreur dans cette maniere d'eſtimer la force d'un corps en certaines circonſtances ; ce qui le détermina à admettre deux ſortes de forces dans la Nature ; les unes qu'il appella *forces mortes*, & les autres auxquelles il donna le nom de *forces vives.*

Deux eſpeces de forces.

(249) Les premieres ne ſont, ſuivant lui, qu'une ſimple tendance au mouvement, un effort qui ſubſiſte dans un mobile, indépendamment de l'obſtacle qui l'empêche de produire, à chaque inſtant, un mouvement local. Telle eſt, par exemple, la force d'un corps peſant, ſuſpendu à un fil, ou ſoutenu par un plan qui lui réſiſte invinciblement. On conçoit effectivement que ce corps demeure en repos, dans ces ſortes de circonſtances, mais qu'il ſe mouvroit, ſi on ſupprimoit les obſtacles qui s'oppoſent à ſon mouvement. Cette eſpece de force, ainſi que celle qui réſide dans un corps qui ſe meut d'un mouvement uniforme, ne doit être regardée, au rapport de *Leibnitz*, que comme

Force morte.

une force morte, & ne doit être eſtimée que par le ſimple produit de la maſſe du mobile multipliée par ſa vîteſſe, ou par le ſimple effort actuel qui tend à le faire mouvoir.

Forces vives.

Les *forces vives* ſont celles qui réſident dans un corps, lorſqu'il eſt dans un mouvement actuel, ſuſceptible d'accroiſſement, & qui dure depuis un temps fini & déterminé. Telle eſt la force d'un corps qui tombe par l'effort de la peſanteur, lorſqu'il a déja acquis quelques degrés de vîteſſe : telle eſt la force d'un reſſort qui ſe débande : telle eſt la force d'un boulet de canon, d'une bombe, chaſſée par l'inflammation de la poudre à canon, &c.

C'eſt ſur l'eſtimation de ces ſortes de forces, que *Leibnitz* prétend qu'on s'eſt trompé, & il veut qu'on les eſtime *par le produit de la maſſe du mobile, multipliée par le quarré de ſa vîteſſe.*

Grande diſpute à ce ſujet entre les plus célebres Phyſiciens.]

(250) L'opinion de *Leibnitz*, excita, dès ſon origine, les diſputes les plus vives entre les Ecoles les plus célebres. Les Allemands ſe déclarerent en faveur de la nouvelle opinion. Les François & les Anglois s'en tinrent à l'ancienne méthode de meſurer les forces,

& ils la défendirent vigoureuſement. Ce fut en vain que Madame la Marquiſe *du Châtelet*, qui s'étoit acquiſe une réputation bien méritée parmi les Phyſiciens François, voulut exciter un ſchiſme parmi eux. M. *de Mairan*, l'Abbé *Deidier*, & pluſieurs autres encore, lui firent face, & confondirent le parti qu'elle s'étoit formé. Ceux qui voudroient examiner les pieces de ce fameux procès, pourront conſulter les actes de Leipſick, depuis l'année 1686, juſqu'en 1695. *Leibnitz* a conſacré, dans cet Ouvrage, la plus grande partie des pieces juſtificatives de ſon opinion. Elle eſt encore très-bien développée dans une Diſſertation de M. *Bernouilli*, imprimée en 1727, dans un Ouvrage de M. *Herman*, intitulé, *Phoronomia*, ainſi que dans le premier volume des Mémoires de l'Académie de Pétersbourg, où M. *de Bulfinger* a réuni ſes forces à celles de M. *Bernouilli*, en faveur des forces vives. M. *Sgraveſande* les défend particuliérement dans ſon Hiſtoire Littéraire pour l'année 1722, & dans la troiſieme édition de ſes Elémens de Phyſique. M. *Wolf* eſt encore un des grands Partiſans de cette opinion, à laquelle il donne tout le

poids poſſible, dans ſon ſeptieme chapitre de la méchanique.

Si l'autorité pouvoit avoir quelque crédit en matiere de Phyſique, l'opinion contraire pourroit réclamer, en ſa faveur, le ſuffrage d'une multitude d'excellens Phyſiciens. On compteroit parmi ces derniers, le célebre *Jurin*, le ſavant *Maclaurin*, le D. *Deſaguilliers*, M. *de Mairan*, le P. *Mazieres*, & quantité d'autres qui ont analyſé, avec toute l'exactitude poſſible, une queſtion auſſi abſtraite, & qu'on trouvera très-bien développée dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année 1728, & dans les tranſactions philoſophiques, n°. 476.

Nous réduirons le tout à l'expoſé le plus ſuccinct des raiſons qui nous ont paru les plus propres à mettre cette fameuſe diſpute dans tout ſon jour, & à faire connoître l'opinion qui nous paroît la plus conforme aux loix de la Nature.

(251) Parmi la multitude d'expériences qui paroiſſent favoriſer l'opinion de *Leibnitz*, il n'en eſt aucune qui lui ſoit plus favorable que le mouvement accéléré d'un corps, qui obéit librement à l'action de la peſanteur. Ce

fut même cette eſpece de mouvement qui donna naiſſance aux forces vives. Si les effets du choc, les parties de matiere déplacées, les reſſorts bandés ou applatis, ſont venus enſuite à l'appui des Leibnitiens, ce ne fut qu'en réduiſant & en comparant ces effets à des eſpaces parcourus, par des mouvemens uniformément retardés. Ce ſera donc à cette preuve fondamentale que nous nous arrêterons particuliérement.

Preuve la plus ſolide en faveur des forces vives.

Tout corps qui tombe, diſent les Leibnitiens, peut, en vertu de la force qu'il a acquiſe pendant ſa chûte, remonter à la même hauteur d'où il eſt deſcendu, abſtraction faite toutefois, comme il convient, de la réſiſtance qu'il éprouve de la part du milieu dans lequel il ſe meut, & de tout frottement qu'il peut ſubir. Or, cette force, continuent les Leibnitiens, eſt égale au quarré de la viteſſe du mobile, puiſque les effets qu'elle produit, & qui en ſont la juſte meſure, répondent exactement au quarré de cette viteſſe, en prenant la maſſe pour l'unité.

Soient, en effet, le corps A & le corps B, égaux en maſſe, & conſéquemment dont la maſſe peut être repréſentée par l'unité. Suppoſons que le corps A tombe de la hauteur

d'un pied, & le corps B de la hauteur de quatre pieds. Le premier traverſera l'eſpace qui meſure la hauteur de ſa chûte, en un ſeul inſtant, tandis que le ſecond emploiera deux inſtans à parcourir le ſien, puiſque, ſuivant les loix du mouvement accéléré (202), s'il parcourt la hauteur d'un pied en un inſtant, il en parcourra trois dans le ſecond inſtant, ſemblable au premier.

Or, les vîteſſes acquiſes en vertu de la peſanteur, croiſſent comme les inſtans pendant leſquels les corps ſont ſoumis à ſon action (196); la vîteſſe du corps A, comparée à celle du corps B, à la fin de leur chûte, ſeront donc entre elles dans le rapport de un à deux, ou la vîteſſe du corps B ſera double de celle du corps A. Mais les effets qu'elles produiront alors, ſeront entre eux comme un eſt à quatre, quarrés des vîteſſes un & deux; puiſque le corps A, en vertu de la force acquiſe pendant ſa chûte, ne remonte qu'à la hauteur d'un pied, & le corps B, à la hauteur de quatre pieds. Ces effets ſont donc entre eux comme les quarrés des vîteſſes, & conſéquemment les forces qui les animent, ſont entre elles comme ces quarrés.

Réfutation. (252) Toute ſéduiſante que ſoit cette

obſervation ſur la chûte des corps, & quelque bien déduite que paroiſſe, au premier aſpect, la concluſion qu'on en tire, on voit manifeſtement, en examinant plus particuliérement ce phénomene, que les forces des corps dont il eſt ici queſtion, ne ſont que proportionnelles aux ſimples vîteſſes.

Perſonne, en effet, n'ignore que pour connoître exactement les forces qui réſident dans deux mobiles, que l'on compare l'un à l'autre, il faut avoir égard au temps pendant lequel les forces ſe développent, & comparer les effets de ces forces dans des temps égaux. C'eſt un principe reçu que deux puiſſances ſont égales, lorſqu'elles produiſent dans le même-temps des effets égaux, & conſéquemment leurs forces ſont entre elles, comme les effets qu'elles produiſent dans le même-temps.

Conſidérons donc ſous ce point de vue les forces qui animent les deux corps dont il eſt ici queſtion. Elles ſont inconteſtablement entre elles, non comme les effets qu'elles produiſent, mais comme ceux qu'elles produiroient en temps égaux, ſi elles ne trouvoient point d'obſtacle qui s'oppoſât à leur action. Suppoſons, en effet, qu'une force comme

10, appliquée à un mobile, ne produiſe qu'un effet comme 8, par rapport à une réſiſtance étrangere contre laquelle il aura conſumé deux degrés de ſa force. Quoique l'effet ne ſoit ici que comme 8, la force du mobile n'en ſera pas moins égale à 10; par conſéquent, la force doit s'eſtimer dans un mobile, non préciſément par l'effet qu'il produit, mais par celui qu'il produiroit, ſi rien ne s'oppoſoit au développement de la force qui l'anime.

Cela poſé, on ſait (196) que le corps A qui eſt ſoumis pendant un inſtant à l'action de la peſanteur, acquiert pendant ſa chûte une quantité de force ſuffiſante pour remonter à une hauteur double de celle d'où il eſt deſcendu, & qu'il y remonteroit effectivement, ſi la peſanteur qui réagit contre lui ne rallentiſſoit ſont mouvement, au point de le réduire au repos, lorſqu'il eſt remonté préciſément à la même hauteur d'où il eſt deſcendu. La force du corps A ne doit donc point s'eſtimer par l'eſpace qu'il parcourt en remontant, mais par celui qu'il eût parcouru, ſi la réaction de la peſanteur n'eût détruit une partie de la force qui l'animoit en remontant. La force du corps A eſt donc vérita-

blement égale à 2, dans l'hypotheſe préſente.

Pareillement le corps B, ſoumis pendant deux inſtans conſécutifs, à l'action de la peſanteur, qui le fait tomber d'une hauteur comme quatre, a acquis à la fin du ſecond inſtant, une vîteſſe comme deux, avec laquelle il ſe releve, en deux inſtans, à une hauteur comme quatre. Il parcourt donc, en remontant, un eſpace comme trois, dans le premier inſtant, & un eſpace comme un, dans le ſecond inſtant. Mais quoique ce mobile ne remonte qu'à une hauteur comme quatre, en deux inſtans, on conçoit parfaitement qu'il eût dû remonter à une hauteur comme huit.

La force, en effet, qui l'oblige à remonter, n'eſt autre choſe que les deux degrés de vîteſſe accélérée qu'il a reçus pendant les deux inſtans de ſa chûte. Or, chaque degré de vîteſſe accélérée, devenant, lorſqu'il eſt acquis, un degré de vîteſſe uniforme, doit néceſſairement lui faire parcourir, dans le même-temps, un eſpace double de celui qu'il a parcouru en acquérant ce degré de vîteſſe (196). Le corps B, muni à la fin de ſa chûte, de deux degrés de vîteſſe uniforme, doit

donc, ſi rien ne s'oppoſe à la force qu'il a acquiſe, remonter à chaque inſtant à une hauteur comme quatre. Il doit donc ſe relever, en deux inſtans, à une hauteur comme huit, au lieu d'une hauteur comme quatre, à laquelle tout ſon mouvement ſe trouve détruit par la réaction de la peſanteur. La force du corps B, eſt donc véritablement comme quatre, dans chacun des deux inſtans pendant leſquels il remonte en ſens contraire.

D'où il ſuit que ſi nous comparons les forces du corps A & du corps B, dans l'eſpace de temps qui leur eſt commun pour ſe mouvoir, c'eſt-à-dire, pendant le premier inſtant, la force du corps A ſera comme deux, & celle du corps B ſera comme quatre. Par conſéquent, la force de ce dernier ne ſera préciſément que le double de celle du premier, & conſéquemment ces forces ſeront entre elles comme les vîteſſes qui les animent, & non comme le quarré de ces vîteſſes.

Difficulté ſur le temps.

(253) Quoique cette maniere de comparer les forces de deux corps en mouvement, ſoit on ne peut plus conforme aux loix de la méchanique, & que les Leibnitiens en faſſent eux-mêmes uſage en toute autre circonſtance, ils ne laiſſent pas d'inſiſter ici,

& de nous oppoſer la difficulté du temps.

Si un corps, diſent-ils, emploie plus de temps à perdre & à conſumer le mouvement qu'il a acquis, ce n'eſt que parce qu'il eſt muni d'une plus grande force ; & elle doit être d'autant plus grande, qu'elle eſt capable d'agir plus long-temps & avec une plus grande vîteſſe. Cette force, continuent-ils, eſt donc en raiſon compoſée de la vîteſſe & du temps. D'où il ſuit qu'un corps qui ſe meut avec une vîteſſe double de celle d'un autre corps, & qui perſévere une fois plus long-temps dans ſon mouvement, jouit d'une force manifeſtement quadruple de celle de l'autre corps, puiſqu'elle eſt double quant à la vîteſſe, & double encore par rapport au temps pendant lequel elle perſévere.

Solution de cette difficulté.

Pour peu qu'on réfléchiſſe ſur ce raiſonnement, on voit aiſément que ce n'eſt, à proprement parler, qu'un paralogiſme. Quoique le mouvement uniforme perſévere plus ou moins long-temps dans un corps, à raiſon de la quantité plus ou moins grande d'obſtacles qui s'oppoſent à ſa durée, la force de ce corps n'en eſt ni plus grande, ni plus petite. Elle ne ſe meſure jamais à raiſon de la perſévérance de ce corps dans ſon état de

mouvement, mais bien à raiſon de la quantité d'eſpace qu'il parcourt dans un temps donné, & de la maſſe qu'il porte avec lui. De même, par exemple, qu'il ſeroit de toute abſurdité de regarder comme infinie une force donnée, qui perſévéreroit éternellement dans un corps fini, ſi on ſupprimoit tous les obſtacles qui pourroient s'oppoſer à l'action perſévérante de cette force; de même il paroît également abſurde d'imaginer que la force d'un corps qui ſe meut d'un mouvement uniformément retardé, ſoit d'autant plus grande, qu'elle perſévere plus long-temps dans le mobile.

Cette force ne peut être réellement plus grande, comme l'obſerve très-bien M. *de Mairan*, que parce qu'elle fait parcourir au mobile de plus grands eſpaces, en temps égaux; ou mieux, les eſpaces parcourus en temps égaux, ne ſont plus grands, que parce que la force eſt plus grande, en vertu d'une plus grande vîteſſe. Dans ce cas, continue le même Académicien, elle doit durer davantage, ou périr plus tard, non pas à la rigueur, parce qu'elle eſt plus grande; car la ſeule raiſon des maſſes pourroit la rendre

telle, mais parce qu'en des temps égaux, elle fait parcourir plus d'eſpace.

Les pertes, en effet, de force & de vîteſſe dans pluſieurs mobiles, qui parcourent différens eſpaces, ſont toujours proportionnelles aux temps que ces mobiles emploient à parcourir ces eſpaces.

Suppoſons, par exemple, que le corps A, ſupérieur en force & en vîteſſe, parcoure deux eſpaces, ou, ce qui revient au même, ſurmonte deux obſtacles, dans le même temps que le corps B n'en peut ſurmonter qu'un ſeul : le corps A, muni d'une double vîteſſe, ne perdra dans chacun de ces eſpaces, ou en ſurmontant chacun des obſtacles, que la moitié de la force, ou de la vîteſſe que le corps B perdra dans le même temps reſpectif, parce qu'ils ſeront appliqués l'un & l'autre, pendant le même temps, à vaincre la force qui s'oppoſera à leur mouvement. Le corps A ne perdra donc qu'un degré de ſa force, ou un degré de vîteſſe, dans le même temps que le corps B aura conſumé pareillement ſon degré de force & ſon degré de vîteſſe, & conſéquemment ſera réduit au repos. Le corps A, muni encore d'un degré de force, ou d'un degré de vîteſſe, continuera

à se mouvoir de la même maniere que le corps B se mouvoit précédemment.

D'où il suit qu'une force qui résulte d'une plus grande vîtesse, doit s'éteindre d'autant plus tard, que la vîtesse est plus grande. Il est donc, dit *M. de Mairan*, de la nature d'une force quelconque, d'agir à chaque instant, à raison de la vîtesse, & d'agir d'autant plus d'instans, à raison de cette même vîtesse; ce qui doit produire, dans la durée de son action, des impressions ou des espaces parcourus, à raison du quarré de la vîtesse, quoique la force ne soit réellement qu'en raison de la simple vîtesse.

(254) Quoiqu'il ne puisse rester aucun doute sur la mesure des forces des corps en mouvement, & qu'il paroisse manifeste de conclure, de ce que nous venons d'observer à cet égard, que les forces vives ne sont point différentes de la simple quantité de mouvement, quant à la maniere de les évaluer; & conséquemment quoiqu'il paroisse évident que la contestation des Leibnitiens, n'est qu'une dispute de mots, comme l'a très-bien observé M. *d'Alembert*, nous ajouterons ici une expérience qui emporte la conviction avec elle, & qui prouve, de la

maniere la moins équivoque, que les forces vives ſont égales au produit de la maſſe par la ſimple vîteſſe.

Expérience qui confirme notre théorie, ſur la maniere d'évaluer les forces vives.

Suſpendez à deux fils égaux en longueur, deux billes de terre molle, dont les maſſes ſoient entre elles dans le rapport de trois à un. Elevez ces deux billes en ſens contraire, à des hauteurs qui ſoient en raiſon réciproque de leurs maſſes, c'eſt-à-dire, la maſſe comme un, à une hauteur comme trois, & la maſſe comme trois, à une hauteur comme un. Abandonnez-les à elles-mêmes au même inſtant; elles ſe rencontreront dans le point le plus bas de leur ſuſpenſion, & elles demeureront en repos après le choc.

Or, il s'en faut de beaucoup que cet effet put avoir lieu, ſi les forces vives, dont ces billes ſont animées dans leur chûte, étoient comme les quarrés de leurs vîteſſes multipliés par leurs maſſes. On conçoit, en effet, que la maſſe comme un, élevée à une hauteur comme trois, & conſéquemment, acquérant une vîteſſe comme trois, auroit une force comme neuf, produit de un de maſſe, par neuf, quarré de la vîteſſe trois, & que la bille, dont la maſſe eſt triple, n'ayant qu'un ſeul degré de vîteſſe, n'auroit que trois

degrés de force, produit de trois degrés de maſſe, par un, quarré de ſa vîteſſe un. Elles agiroient donc alors l'une contre l'autre avec des forces bien inégales. Or, comme dans tout choc direct & contraire, les forces égales ſe détruiſent, la maſſe triple ſeroit réduite au repos, tandis que la petite maſſe, ne perdant que trois degrés de ſa force, en conſerveroit encore ſix, des neuf qui l'animoient avant le choc. Cette force reſtante, ſe diſtribuant, après le choc, ſelon le rapport des maſſes, on les verroit donc ſe mouvoir dans le ſens de la petite maſſe.

Le repos où ces billes demeurent, après le choc, eſt donc la preuve la moins équivoque, que les forces de ces billes ſont égales, & conſéquemment, comme le produit des maſſes, par les ſimples vîteſſes. Les forces vives ne ſont donc point égales au produit des maſſes par les quarrés de leurs vîteſſes.

ARTICLE SEPTIEME.

De la force centrifuge.

(255) On convient unanimement en Phyſique, que tout corps qui ſe meut circulairement, ou dans toute autre courbe quelconque, acquiert, par ſa ſeule rotation, une force particuliere qui le ſollicite à s'éloigner du centre de ſon mouvement, & qui l'en éloigneroit effectivement, s'il n'éprouvoit point d'obſtacle qui s'opposât efficacement à l'action de cette force. Cette force eſt connue & déſignée ſous le nom de *force centrifuge*. Elle eſt directement oppoſée à la *force centripete*, ou à l'action de la peſanteur, dont nous avons ſuffiſamment développé les propriétés dans l'article précédent.

Toutes oppoſées qu'elles ſoient l'une à l'autre, elles ne ſubſiſtent pas moins enſemble dans tous les corps qui ſe meuvent circulairement, ou dans toute autre courbe, & elles ſont même en équilibre entre elles dans un corps qui ſe trouve animé d'un mouvement circulaire, puiſqu'il eſt conſtamment éloigné de la même quantité du centre autour duquel

il se meut. Nous abandonnons aux Astronomes le soin de développer l'activité de ces deux forces, & les rapports variés qu'elles acquierent dans les corps qui se meuvent dans des courbes différentes. Nous nous bornerons à démontrer l'existence de cette force, & la maniere d'évaluer son intensité dans les corps qui se meuvent circulairement.

Idée du mouvement circulaire.

(256) Le mouvement circulaire, n'est autre chose qu'un mouvement en ligne droite continuellement interrompu. On démontre, en effet, que tout corps qui parcourt le contour d'un polygone quelconque, c'est-à-dire, d'une figure de plusieurs côtés, change autant de fois, moins une, de direction, que ce polygone a de côtés.

Pl. 7, fig. 2.

Supposons, en effet, qu'un mobile A (plan. 7, fig. 2), soit déterminé à se mouvoir selon le côté AB, du polygone ABCDE; il est constant que ce mobile, parvenu au point B, continueroit à se mouvoir selon la même direction, & suivroit la droite B*b*, s'il ne rencontroit un obstacle au point B, qui l'empêche à continuer son mouvement selon la direction B*b*, & qui le détermine à prendre la direction BC. Tout corps, en effet, mu selon une direction quelconque, tend conf-

tamment à ſuivre la même direction, juſqu'à ce qu'une cauſe étrangere l'en empêche. C'eſt une conſéquence néceſſaire de ſon état d'indifférence pour toutes ſortes de modifications poſſibles. On doit donc raiſonner de la même maniere par rapport aux autres côtés du même polygone, & conſéquemment on doit conclure, qu'arrivé au point C, il ſuivroit la direction C *c*, s'il n'étoit détourné & déterminé à ſe fléchir vers D, & à parcourir le côté CD. Or, comme il doit arriver la même choſe à l'extrémité de chaque côté, juſqu'à ce qu'il ſoit revenu au point A, d'où il eſt parti, il changera donc autant de fois, moins une, de direction, que le polygone, dont il parcoure le contour, aura de côtés.

Mais un cercle n'eſt autre choſe qu'un polygone infinitaire, ou compoſé d'un nombre infini de côtés infiniment petits. Un mobile ne peut donc parcourir la circonférence d'un cercle, qu'il ne change à chaque inſtant de direction, & qu'il ne ſoit continuellement détourné de la ligne droite qu'il tend à décrire, en ſuivant la direction de chacun de ces côtés infiniment petits, ou de chacun des points de la courbe qu'il décrit.

On conçoit de-là, que tout corps mu d'un mouvement circulaire, eſt continuellement animé de deux forces oppoſées ; l'une qui tend à l'écarter du centre de ſa rotation, & l'autre qui le retient conſtamment à la même diſtance de ce centre. Veut-on une preuve expérimentale de la premiere de ces deux forces ? L'expérience ſuivante eſt on ne peut plus convaincante.

Expérience qui démontre l'exiſtence de la force centrifuge dans un corps mu circulairement.

Faites mouvoir circulairement un vaiſſeau de cryſtal rempli d'eau, & attaché à l'extrémité d'un cordon, à la maniere d'une fronde (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. XI, fig.* 1.). L'eau demeurera conſtamment dans le vaiſſeau, ſans qu'il s'en échappe une ſeule goutte. Or, il eſt conſtant que dans chaque révolution, l'ouverture du vaiſſeau ſe trouve renverſée, lorſqu'il paſſe au zenith de celui qui fait l'expérience. Il eſt également conſtant que dans cette poſition, la peſanteur détermine l'eau à s'écouler du vaiſſeau, & à tomber par terre. Elle ne peut donc demeurer conſtamment dans ce vaſe, qu'autant que l'effort de ſa peſanteur ſe trouve détruit par une force directement oppoſée, & ſupérieure à celle de cette peſanteur. Elle acquiert donc, en circulant, une force qui la

dirige & qui l'applique contre le fond du vaiſſeau. Or, le fond de ce vaiſſeau eſt à la circonférence du cercle qu'elle décrit. Elle acquiert donc, par ſa circulation, une force qui tend à l'éloigner du centre de ſa rotation, & conſéquemment une force centrifuge : mais pour démontrer plus facilement cette force, & pour en apprécier les élémens & les effets, il faut ſe ſervir de l'appareil que nous avons développé (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *pl. XI*, *fig.* 2, 3, 4, 5). C'eſt une roue diſpoſée de maniere à faire mouvoir circulairement & horiſontalement deux poulies, ſur le centre deſquelles on monte ſucceſſivement différens portans deſtinés aux uſages ſuivans.

Premiere *Expérience* qui démontre la force centrifuge de deux corps ſolides.

(257) Deux billes d'ivoire de même maſſe, enfilées ſur un même fil de métal, tendu horiſontalement ſur l'un des portans de la machine, étant miſes l'une & l'autre à la même ou à différente diſtance du centre du mouvement, on remarque, lorſqu'on vient à faire mouvoir circulairement ce portant, & conſéquemment les deux billes, qu'elles obéiſſent l'une & l'autre à la force centrifuge qu'elles acquierent, & qu'elles s'éloignent du centre commun de leur rotation. Chaque

bille va frapper plus ou moins vigoureuſement l'extrémité correſpondante du portant.

Seconde *Expérience.* La force centrifuge en équilibre avec elle-même.

(258.) Si on diſpoſe le centre de gravité de l'une de ces billes, de façon qu'il réponde au centre de la poulie, ou au centre commun de la rotation, on remarque, en ſuppoſant toutefois que la machine ſoit bien callée, & que le mouvement du portant ſe faſſe dans un plan bien parallele à l'horiſon, on remarque, dis-je, que la bille demeure ſtable, quelle que ſoit la force centrifuge qu'on lui imprime, en forçant plus ou moins le mouvement de rotation.

La raiſon de ce phénomene ſe préſente naturellement à l'eſprit. La bille enfilée ſur un fil de métal, ne peut obéir, ni de droite, ni de gauche, à l'action de la force centrifuge qui l'anime. Elle ne peut ſe prêter à cette force, qu'en gliſſant ſelon la longueur du fil de métal qui lui ſert de rayon recteur. Or, ſon centre de gravité, répondant au centre du mouvement, par la ſuppoſition donnée, elle acquiert la même force pour gliſſer & pour ſe porter vers l'une ou l'autre extrémité du portant. Elle ſe trouve donc maîtriſée par deux forces égales & oppoſées, & conſéquemment qui ſe détruiſent. La force

centrifuge ſe trouve donc en équilibre entre les deux hémiſpheres de cette bille qui pourroient obéir à ſon action, & devient par conſéquent nulle. Cette force ſe décele également dans les liquides qu'on ſoumet à la même épreuve, ainſi que l'expérience ſuivante le démontre.

Troiſieme *Expérience.* Cette force ſe décele également dans les liquides.

(259) Subſtituez au premier portant, celui ſur lequel on a établi un réſervoir rempli d'eau, & aux parties latérales duquel on a maſtiqué deux tubes inclinés & renflés vers leurs extrémités. Faites mouvoir circulairement ce portant, & vous obſerverez que l'eau du réſervoir, acquérant également une force centrifuge, s'éloignera du centre de ſa rotation, & s'élevera même, contre la direction de la gravité, juſques dans les deux boules qui terminent les tubes. Cette force eſt donc ici ſuffiſante, & pour éloigner l'eau du centre de ſa rotation, & pour ſurmonter en même-temps l'action de la peſanteur qui tend à la contenir dans une poſition plus baſſe que celle où la force centrifuge l'entraîne.

Nous obſerverons ici, que quoique la maſſe d'eau ſoit placée, comme la bille précédente, ſur le centre commun de ſa rotation, & que,

toutes choſes égales d'ailleurs, elle acquiert de part & d'autre la même force centrifuge, elle ne peut, malgré cela, demeurer en place, & conſerver la ſituation qu'elle avoit avant la rotation: ce qui vient de ce que les parties des liquides n'ont point une forte cohérence entre elles, ſemblable à celle qui réunit celle des ſolides, & de ce qu'elles agiſſent indépendamment les unes des autres, comme nous le démontrerons dans l'hydroſtatique. De-là les parties de la maſſe de liquide qui ſe trouvent éloignées du centre de la rotation, n'étant point aſſez intimement unies à celles qui répondent à ce centre, elles obéiſſent les premieres à la force centrifuge qu'elles acquierent: elles ſe ſéparent du reſte de la maſſe, & elles ſe portent de part & d'autre dans les deux boules dont nous venons de parler. Le réſervoir s'évacue à proportion; l'eau ſe précipite, diminue de hauteur, & forme continuellement un plan de toute l'étendue du réſervoir, dont les parties éloignées du centre s'échappent à proportion, en ſuppoſant toujours qu'on entretient la rotation de la machine.

Applications de la force centrifuge.

(260) Chaque fois donc que la force centrifuge eſt ſupérieure à la force de cohéſion

qui unit les parties d'un corps, comme il arrive dans les liquides en général, ces parties obéiſſent à la force centrifuge, & ſe ſéparent de la maſſe totale. C'eſt ce qui arrive encore tous les jours, lorſque la roue d'une voiture, roulant rapidement dans le ruiſſeau, entraîne avec elle de l'eau ou de la boue qui s'y attache. Ces parties, dont l'adhérence à la roue qui les entraîne, eſt de beaucoup inférieure à la force centrifuge que la rotation leur imprime, s'échappent & s'élancent à une diſtance plus ou moins éloignée. Eclaboussures.

On a ſu mettre à profit l'effet de cette force, dans des fuſées d'artifice qu'on diſpoſe autour d'un centre mobile, & dont on forme des eſpeces de roues de feu, ou de ſoleils. C'eſt à la force centrifuge, que le ſalpêtre ou la poudre enflammée qui s'échappe, doit la plus grande partie de l'étendue & de l'amplitude des jets de feu qu'elle lance de toute part, pendant la rotation de ces ſortes de machines. La matiere embrâſée qui s'élance de la fuſée, lui imprime un mouvement circulaire, & la force centrifuge, engendrée par ce mouvement, diſperſe cette matiere par une multitude de tangentes, qui augmentent d'autant l'étendue du plan qu'elle remplit. Soleils d'artifice.

Pompe de Heſſe.

La fameuſe pompe de Heſſe, publiée dans les actes de Leipſick, ſous le nom de *ſuctor rotatilis*, & dont le célebre *Papin* ſut découvrir la méchanique, n'étoit elle-même qu'une application fort heureuſe de ce principe. La force centrifuge, ménagée avec art dans cette ingénieuſe machine, faiſoit monter l'eau juſqu'au haut du réſervoir. Pluſieurs Savans s'occuperent enſuite à conſtruire de ſemblables machines, qu'on perfectionna de plus en plus, & dont on tira d'aſſez bons ſervices, mais qu'on abandonna à la longue, à meſure que les pompes ordinaires ſe perfectionnerent.

Le moulin de M. Duhamel.

On voit encore nombre de ſoufflets de forges, dont tout l'effet dépend de la force centrifuge. M. *Duhamel* s'eſt ſervi du même principe, & l'a appliqué, avec tout l'art & tout l'avantage poſſible, dans une machine très-ingénieuſe qu'il a imaginée pour vanner & nétoyer le grain. La principale partie de cette machine, n'eſt autre choſe qu'un arbre garni de pluſieurs volans, qu'on fait tourner dans un tambour. La force centrifuge détermine & oblige l'air à s'échapper vers la partie antérieure de la machine, où le tambour eſt ouvert. Ce courant d'air emporte

les pailles, les pouſſieres, & les corps légers qui ſe trouvent dans le grain, qu'une tremie placée vers cet endroit, fait couler ſur cette eſpece de crible. Tandis que la force centrifuge emporte l'air du tambour, par l'ouverture dont nous venons de parler, l'air extérieur rentre par deux ouvertures pratiquées aux deux côtés du tambour, & très-près de l'axe de la machine.

La machine du déluge de l'Abbé Lebrun.

On vit à Paris, en 1767, une machine également ingénieuſe, imaginée par M. l'Abbé *Lebrun*, & dont il faiſoit uſage pour aſſigner une des cauſes du déluge. C'étoit un globe creux de métal, rempli d'eau, renfermé dans un autre globe de cryſtal beaucoup plus ſpacieux, ſe mouvant l'un & l'autre ſur le même axe. Le globe de métal étoit muni de pluſieurs ſoupapes, qui s'ouvroient du dedans au dehors. Tant que la rotation du globe étoit modérée, l'eau ſe contenoit dans l'intérieur du globe de métal; mais dès qu'on venoit à accélérer cette rotation, & conſéquemment à augmenter la force centrifuge de l'eau, ce liquide preſſoit ſuffiſamment les ſoupapes pour les ouvrir, & l'eau venoit inonder la ſurface du globe. C'eſt ainſi, diſoit M. l'Abbé *Lebrun*, que le

mouvement de la terre ſur ſon axe, ayant été augmenté au moment du déluge, l'eau compriſe dans ſon ſein s'eſt ouvert un paſſage vers ſa ſurface, & eſt venue inonder le globe.

Le Ventilateur de Deſaguilliers.

Le Ventilateur de *Deſaguilliers*, qu'on trouvera décrit dans les tranſactions philoſophiques de Londres, eſt encore une application bien ingénieuſe & bien utile de la force centrifuge; mais nous n'oſerions nous permettre des digreſſions trop étendues ſur cette multitude d'objets que nous nous contentons d'indiquer ſeulement pour piquer la curioſité & l'émulation des Phyſiciens.

Tout corps qui ſe meut circulairement, de quelqu'eſpece qu'il ſoit, acquiert donc par ſa rotation, une force centrifuge qui l'entraîne, ou qui tend à l'éloigner du centre de ſon mouvement, par des tangentes conduites de tous les points de la circonférence qu'il parcoure. Mais ſelon quelles proportions cette force augmente-t-elle dans les corps qui circulent? C'eſt ce que nous allons indiquer ſuccinctement & d'une maniere très-facile à ſaiſir. Elle augmente, 1°. à raiſon de la maſſe du corps qui circule: 2°. à raiſon de ſa viteſſe.

(261) Etabliſſez ſur la machine le portant ſur lequel on a enfilé deux billes d'ivoire, de maſſes différentes, & dont le rapport eſt comme celui de un à deux. Eloignez ces deux billes à la même diſtance du centre commun de la rotation. Elles recevront la même vîteſſe, puiſque, ſe mouvant aux extrémités de rayons égaux, elles décriront des cercles égaux dans le même temps. Elles auront donc une force centrifuge, qui tendra à les porter l'une & l'autre vers l'extrémité correſpondante de leur portant (257): mais ces deux billes étant unies entre elles par un fil de ſoie lâche, & ſuffiſamment fort pour réſiſter à l'effort qu'elles font; qu'arrivera-t-il alors? La groſſe maſſe acquérant plus de force centrifuge, à raiſon de ſa maſſe, elle maîtriſera la force centrifuge de la petite, & elle parviendra à l'entraîner avec elle. Elles iront donc l'une & l'autre frapper l'extrémité du portant, qui répond à la plus groſſe des deux maſſes. On conçoit, en effet, que cette force ſe diſtribuant uniformément entre toutes les parties du corps qui circule, elle doit être proportionnelle au nombre de ces parties, & conſéquemment à la maſſe du mobile.

Expérience qui démontre que la force centrifuge augmente à raiſon de la maſſe.

Expérience. Cette même force augmente à raiſon de la vîteſſe.

(262) Diſpoſez les deux mêmes billes de maniere que la plus petite ſoit beaucoup plus éloignée que la plus groſſe du centre commun de la rotation. Se mouvant à l'extrémité d'un plus long rayon, elle aura proportionnellement plus de vîteſſe, puiſqu'elle décrira proportionnellement la circonférence d'un plus grand cercle dans le même temps. Or, à raiſon de cet excès de vîteſſe, la force centrifuge augmentera au point de ſurmonter celle de la plus groſſe maſſe, nonobſtant l'excès de même force centrifuge que cette derniere acquiert à raiſon de ſon excès de maſſe. La petite entraînera donc la grande, & elles iront l'une & l'autre frapper l'extrémité du portant, correſpondante à la plus petite des deux maſſes. La vîteſſe du mobile eſt donc encore un des élémens de la force centrifuge. Mais ſelon quelle proportion la vîteſſe doit-elle entrer dans l'eſtimation de la force centrifuge? On démontre que cette force eſt égale, dans le cercle, au quarré de la vîteſſe diviſée par le diametre du cercle. Quoique la démonſtration de cette importante vérité ſoit aſſez facile à ſaiſir, nous la renverrons en notes, parce qu'elle nous conduira à des applica-

tions trop difficiles pour trouver place dans le corps de cet Ouvrage que nous avons voulu mettre à la portée de tout le monde (note 6).

Note 6.

(263) Nous terminerons ce que nous nous ſommes propoſé de faire obſerver ſur la force centrifuge, par la démonſtration d'un principe très-important en Phyſique, & dont nous avons ſuppoſé la certitude (235), en parlant de l'opinion de *Deſcartes*, ſur la cauſe de la peſanteur. Nous démontrerons donc actuellement, que *ſi pluſieurs corps circulent dans un même eſpace, d'où ils ne puiſſent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occaſionnera la force centripete des autres.*

Principe fondamental de la théorie de Deſcartes ſur la cauſe de la peſanteur.

Pour démontrer la certitude de ce principe, on ſe ſert de l'appareil que nous avons décrit (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XI, fig. 6*), compoſé de quatre tubes inclinés ſur un même portant. Deux de ces tubes ſont remplis l'un & l'autre par deux liqueurs de différente denſité. La plus légere ſe tient au haut de chaque tube; les deux autres ſont remplis d'eau, ou de tout autre liquide. L'un d'eux renferme une petite boule de liege: plus légere que le liquide qui l'en-

veloppe, elle ſe tient naturellement au haut du tube. L'autre renferme une petite boule, ou un cylindre de cuivre. Spécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel il eſt plongé, il demeure naturellement au bas de ſon tube.

Si on établit ce portant ſur la poulie de la machine principale, dont on a fait uſage juſqu'à préſent, & qu'on le faſſe mouvoir circulairement, & aſſez rapidement, on remarquera, lorſqu'on aura arrêté le mouvement de la machine, que les liqueurs les plus légeres ſe ſeront précipitées au fond de leur tube, & conſéquemment ſe ſeront rapprochées du centre de leur mouvement. On remarquera pareillement que la boule de liege aura été précipitée au bas de ſon tube, tandis que le cylindre de plomb ſe ſera porté au haut du ſien.

Plan. 7, fig. 3. Soit, en effet, A B (plan. 7, fig. 3), repréſentant l'un de ces quatre tubes, ſuppoſons celui qui contient de l'huile de tartre A *a*, & de l'eſprit-de-vin *b* B. Tant que ce tube reſte en ſituation, ces deux liqueurs occupent les places dues à leur peſanteur ſpécifique; & dans ce cas, la derniere couche d'eſprit-de-vin, & la premiere d'huile de tartre, ſont

placées dans le même plan *a b*, & conſéquemment également diſtantes l'une & l'autre du centre commun du mouvement. Elles acquierent donc toutes les deux la même vîteſſe, dès que le tube eſt mu circulairement; mais leurs maſſes étant bien différentes l'une de l'autre, & la force centrifuge étant, toutes choſes égales d'ailleurs, proportionnelle aux maſſes, la premiere couche d'huile de tartre acquiert, par ſa rotation, une plus grande force centrifuge, une tendance beaucoup plus forte, pour ſe porter vers la partie ſupérieure B du tube. De-là elle paſſe par-deſſus la derniere couche d'eſprit-de-vin, qu'elle précipite au-deſſous d'elle, & produiſant continuellement & ſucceſſivement le même effet, par rapport aux autres couches d'eſprit-de-vin, toute l'huile de tartre s'éleve au haut du tube, & précipite l'eſprit-de-vin au bas du même tube. La même choſe arrive dans ſon congénere rempli en partie d'eau, & en partie d'huile de térébenthine. C'eſt par le même méchaniſme que la boule de liege eſt portée au bas du ſien, & que le cylindre de cuivre s'éleve au haut de celui qui le contient; de ſorte que les liquides de différentes denſités, les ſolides plongés dans

les liquides ſont tous ſoumis à la même loi. Renfermés dans le même eſpace, d'où ils ne peuvent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occaſionne la force centripete des autres.

NOTES SUR LA PREMIERE SECTION.

(§. 6.) NOTE 1. *COMME le ſeul & unique principe de tous les mixtes.*

Opinion de Thales ſur l'eau, conſidérée comme principe univerſel.

Quoiqu'il ſoit plus que probable qu'il exiſte dans la nature pluſieurs corps dans la conſtitution deſquels l'eau n'entre nullement en qualité de principe, pluſieurs célebres Chymiſtes modernes ont fait tous leurs efforts pour faire revivre l'ancienne opinion de *Thales*.

Renouvellée par Van-Helmon.

Tombée en diſcrédit, elle fut oubliée juſqu'au temps de *Van Helmon*, l'un des plus célebres Chymiſtes du dernier ſiecle. Séduit par le réſultat de quelques expériences, il crut que l'eau entroit effectivement comme ſeul principe dans la formation de pluſieurs ſubſtances qu'il vit croître ſous ſes yeux, & qui n'avoient eu, ſuivant lui, d'autre aliment que l'eau qu'il leur avoit fourni. Parmi la multitude de faits qu'il cite en faveur de

cette opinion, nous ne rapporterons que le ſuivant.

Il prit, nous dit-il, une certaine quantité de terre qu'il fit deſſécher au four. Il la peſa exactement, & il la renferma dans un vaiſſeau ſuffiſamment bouché, pour en exclure tous les corps étrangers qui auroient pu ſe combiner avec elle. Il planta dans cette terre une branche de ſaule. Il eut ſoin de l'arroſer réguliérement, & de l'expoſer à l'air. Cette branche y prit aſſez de nourriture, pour former, à la longue, un arbre d'une groſſeur aſſez conſidérable. *Van-Helmon* retira alors la terre; il la fit deſſécher encore de la même maniere que précédemment, & il trouva, après l'avoir peſée, qu'elle n'avoit rien perdu de ſon poids: d'où il conclut que la branche de ſaule devoit tout l'accroiſſement qu'elle avoit reçu, à l'eau dont elle avoit été arroſée. Cette concluſion ne fut point univerſellement admiſe: on ſentit parfaitement qu'il étoit plus naturel de conclure de cette expérience, que l'eau dont cette plante fut arroſée, & que l'air dans lequel elle fut élevée, ſervirent de véhicules aux principes qui concoururent à l'accroiſſement, & qui fournirent la nourriture à cette plante. Auſſi l'opinion de *Thales* retomba-t-elle en peu de tems dans le diſcrédit & dans l'oubli d'où *Van-Helmon* s'étoit propoſé de la tirer. Nous n'en ferions même pas mention aujourd'hui, ſi le ſavant *Boyle*, & ſpécialement le célebre *Eller*, ne s'étoient propoſés de la faire revivre en partie, en aſſurant l'un & l'autre que l'eau peut ſe convertir en air élaſtique, & qu'elle peut également ſe transformer en terre.

Soutenue de l'autorité de Boyle & d'Eller.

Cette transformation admise, l'air & la terre que nous regardons actuellement, & à juste titre, comme deux élémens primitifs, ne seront plus alors que deux modifications de l'eau, & il faudra restreindre les quatre élémens à deux seulement, & ne plus admettre que le feu & l'eau, comme les seuls & les véritables principes des mixtes. Le premier, comme le seul principe actif, & l'autre, comme l'élément passif de toutes les productions des trois regnes de la nature.

Nous ne contesterons point, à la vérité, que le feu ne soit un élément actif. Nous aurons même occasion de faire observer par la suite son activité & les effets qu'elle produit; mais nous ne conviendrons point avec *Boyle* & *Eller* que cette activité soit telle, qu'elle puisse raréfier l'eau, au point de la transformer en véritable air élastique.

Le feu, dit M. *Eller* (1), arrêté & renfermé dans un alkali liquide, étant placé dans le vuide de la machine pneumatique, & mis ensuite en liberté, par le moyen de quelqu'acide, tel, par exemple, que l'huile de vitriol; ce feu, dis-je, par l'effervescence qu'il cause, change dans un instant l'humidité aqueuse, en un air élastique; & cette transmutation subite est telle qu'un pouce cubique d'eau uni à l'alkali, est capable de détacher un récipient vuide, & dont la capacité peut contenir huit à neuf cens pouces d'air. Il reste alors un sel moyen, dont la forme est à peu près seche, cristalline & transparente, de la nature d'un tartre vitriolé.

(1) Mém. de l'Acad. de Berlin, an. 1746.

L'expérience que M. *Eller* invoque en faveur de ſon opinion, prouve ſeulement que l'effervescence qui réſulte du mêlange de l'acide & de l'alkali, dégage une quantité d'air principe, antérieurement combiné avec l'alkali : que cet air acquiert par ſon déplacement une force expanſive, une élaſticité ſemblable à celle qu'on remarque dans l'air atmoſphérique, ainſi que nous le démontrerons plus amplement, lorſque nous traiterons de l'air en particulier. Elle ne prouve nullement que l'effervescence, qui ſurvient dans ce mêlange, convertit en air élaſtique le principe aqueux ſurabondant à l'alkali; puiſque le ſuccès de l'expérience ſeroit également aſſuré, ſi on ſubſtituoit un alkali concret à celui dont il fait uſage.

Les vapeurs abondantes qui s'élevent ſous le récipient, au moment de la combinaiſon, & qui terniſſent toute la ſurface de ce vaiſſeau, ſont encore une preuve de la fauſſeté de ſon opinion. On voit manifeſtement que ces vapeurs conſervent leur caractere aqueux, & qu'on ne doit point les regarder comme de véritable air engendré par la volatiliſation de l'eau; & l'extrême expanſion que ces vapeurs acquierent, concourt certainement avec l'air qui ſe dégage au phénomene dont il eſt ici queſtion : elles concourent à vaincre la preſſion de l'air extérieur, & à détacher le récipient de la platine de la machine pneumatique.

Il paroît également éloigné de toute vraiſemblance que l'eau ſe convertiſſe en terre, nonobſtant les expériences ſur leſquelles M. *Eller* s'efforce d'appuyer cette opinion.

Parmi la multitude de preuves qu'il cite en

ſa faveur, nous n'examinerons ici que les deux ſuivantes, ſur leſquelles il inſiſte davantage, & qui paroiſſent effectivement plus ſéduiſantes & plus propres à favoriſer ſes prétentions.

Preuves de M. Eller, ſur la converſion de l'eau en terre.

La premiere tout-à-fait analogue à celle que *Boyle* rapporte (1), ne differe de celle de *Van-Helmon*, que par le ſujet ſur lequel M. *Eller* opere.

Je mis, nous dit-il (2), une graine de citrouille dans un vaiſſeau plein de terre, que j'avois fait ſecher pendant vingt-quatre heures, à une chaleur modérée. La terre peſoit alors quinze livres dix onces. Après l'avoir arroſée, je plaçai le vaiſſeau dans un endroit où il étoit peu expoſé au vent & au ſoleil, & on arroſoit la plante, lorſqu'elle en avoit beſoin. A la fin de l'automne, je recueillis deux citrouilles qui peſoient, avec le jet & les feuilles, vingt-trois livres quatre onces & demie. Je les fis enſuite couper menu; je les déchargeai de toute humidité par le moyen du feu; & après une parfaite calcination, j'en tirai cinq onces deux gros & vingt-deux grains d'une cendre ou terre fixe. La terre du vaiſſeau ayant été ſéchée de la même maniere qu'auparavant, peſa encore quinze livres neuf onces & demie. Selon les apparences, la demi-once qui manquoit, avoit été emportée par le vent. Je trouvai donc une augmentation de terre qui montoit à cinq onces & un quart.

Pour m'affranchir enſuite d'un doute qui m'étoit venu dans l'eſprit, ſavoir, que l'eau dont on

(1) Boyle, Chymiſta ſcepticus.
(2) Eller, Mém. de l'Acad. de Berlin.

s'étoit servi pour arroser, pouvoit avoir entraîné quelques sables, ou qu'elle contenoit peut-être quelques parties terrestres, qui avoient pu se dissoudre & s'introduire dans les racines de la plante, je resolus de m'en éclaircir par une autre expérience. Je choisis pour cela deux oignons de hyacinte de même poids. Ils pesoient chacun deux onces un gros & quelques grains. Je plaçai l'un sur une de ces phioles de verre destinées à faire pousser des oignons dans la chambre, pendant l'hiver; mais au lieu de l'eau commune dont on se sert dans cette occasion, je remplis la phiole d'une eau distillée au bain-marie, & j'avois soin de la tenir toujours pleine d'eau pareillement distillée, à mesure qu'elle s'exhaloit. Après que cet oignon eut poussé des racines & des fleurs en abondance, je les brûlai: j'en fis autant à l'autre, & je trouvai après les avoir calcinés séparément tous deux, que la terre de celui qui avoit poussé sur la phiole, pesoit 7 à 8 grains de plus que celle de l'autre, que j'avois conservé dans une boëte.

Ces expériences, continue M. *Eller*, me firent naître la pensée que l'eau qui entre dans les petits canaux d'une plante, comme dans autant de tuyaux capillaires, étant poussée par l'action de la matiere ignée, souffroit, selon toutes les apparences, une espece de frottement, qui la changeoit peu à peu en corps solide, ou en terre.

Si on considere la petite quantité excédente de terre que M. *Eller* découvrit dans l'oignon qui avoit subi une végétation très-considérable, & pendant un espace de temps assez long, il

Observation contre cette premiere preuve.

paroîtra plus naturel d'en conclure que cette terre réſidoit toute formée dans l'eau diſtillée, puiſque, de l'aveu de tous les Chymiſtes, cette eau n'eſt jamais parfaitement pure, & totalement dégagée de principes étrangers. Il eſt encore également vraiſemblable que, parfaitement atténuée, elle ait été tranſportée par l'air ambiant, & ſucceſſivement apportée dans la maſſe d'eau, qui ſervoit de nourriture à la plante, & il eſt plus que probable, que ces deux cauſes réunies ont produit tout l'effet que cet habile Chymiſte voudroit rapporter à la transformation de l'eau.

On ne doit pas compter davantage ſur la ſeconde preuve que M. *Eller* cite en faveur de la même opinion. Toute ſéduiſante qu'elle paroiſſe, elle n'eſt pas mieux fondée, ni plus concluante que la précédente.

Seconde preuve.

Je pris, dit encore M. *Eller*, dans le Mémoire que nous avons déja cité, une dragme, ou environ, d'eau diſtillée; je la mis dans un mortier de verre, à fond uni, d'une égale ſection : je la frottai avec un pilon, qui étoit auſſi de verre, & d'une convexité proportionnée à la concavité du mortier. Au bout de quelques minutes, je remarquai que l'eau changeoit de couleur, & devenoit blanchâtre. Je continuai toujours à la frotter pendant vingt ou trente minutes, après quoi elle s'épaiſſit, & elle ſe convertit en partie en une terre extrêmement fine & déliée, pendant que l'autre partie s'évaporoit naturellement par la trituration. J'ai fait, continue-t-il, la même expérience, avec l'eau de fontaine, de pluie, de neige, avec de la roſée & de la glace fondue, & toujours avec le même ſuccès.

Sans conteſter à M. *Eller* la certitude d'un fait qu'il garantit, & que l'expérience juſtifie juſqu'à un certain point, on voit aſſez manifeſtement que la trituration continuée doit néceſſairement détacher quelques parties extrêmement fines du mortier & du pilon, ſans altérer ſenſiblement leur poli : que ces parties, réunies par l'intermede de l'eau, doivent s'unir entre elles, former une eſpece de pâte très-délayée d'abord, & bien propre à donner à l'eau la couleur dont il fait mention. Joignez à ces parties, très-étrangeres à l'eau, celles qui nagent continuellement dans l'atmoſphere, & qui ſe dépoſent néceſſairement dans le mortier, pendant la durée de l'opération, & vous aurez une portion de terre aſſez abondante, dont les parties ſe rapprocheront de plus en plus, à meſure que l'eau s'évaporera. Cette expérience eſt donc encore fort éloignée de l'exactitude qu'elle devroit avoir pour confirmer l'opinion de ſon Auteur, & rien ne nous porte à réduire à un moindre nombre les principes que nous avons aſſignés, & que nous regardons comme les élémens de tous les mixtes.

Obſervation contre cette ſeconde preuve.

NOTE 2. *C'eſt un ſel neutre.*

Le fréquent uſage qu'on fait en Phyſique des ſels de toute eſpece, *acides*, *alkalis* & *neutres*, doit néceſſairement obliger le Phyſicien à étudier juſqu'à un certain point la nature de ces différentes eſpeces de ſels, & nous croyons ne pouvoir mieux placer qu'ici, l'éthiologie des ſubſtances ſalines.

(§. 7.) Ethiologie des ſels.

On donne le nom de *ſel*, ou de *ſubſtance ſaline* en général, à toute ſubſtance propre à affec-

Définition générale.

ter plus ou moins ſenſiblement l'organe du goût, à ſe fondre dans l'eau, & dont la peſanteur & la fixité ſont moyennes entre celles de l'eau & de la terre.

Tous les ſels ne poſſedent point au même degré ces caracteres diſtinctifs, & il eſt certaines ſubſtances qui participent plus ou moins à ces propriétés, à raiſon de leurs combinaiſons avec des ſubſtances véritablement ſalines : d'où il ſuit qu'on ne doit point ranger dans la même claſſe tous les corps dans leſquels ces propriétés ſe font appercevoir. Il faut donc diſtinguer avec ſoin les corps eſſentiellement ſalins, de ceux qui ne font que participer à la nature de ces derniers, en vertu de leurs combinaiſons avec des principes ſalins.

Opinion de Stahl, ſur l'unité des principes ſalins.

Ce ne fut point ſans fondement que le célebre *Stahl* prétendit qu'il n'exiſtoit dans la nature qu'un ſeul & unique principe ſalin, lequel, par ſes combinaiſons variées avec d'autres ſubſtances, pouvoit former nombre de mixtes qu'on regarde improprement comme eſſentiellement ſalins. Mais il ne ſeroit point à ſa place de ſuivre ici cette ſublime théorie.

Diviſion générale des ſels.

Pour mettre toute l'exactitude néceſſaire dans ce que nous nous propoſons de faire obſerver ſur les ſels, nous les diſtinguerons en deux claſſes : en *ſimples* & en *compoſés*. Nous rangerons dans la premiere les acides & les alkalis : la ſeconde comprendra les ſels neutres de toute eſpece.

Sels ſimples. Les acides.

On entend par *acide*, toute ſubſtance ſaline propre à exciter ſur la langue une impreſſion ſemblable & analogue à celle du verjus, de l'oſeille, du vinaigre, &c. Mais comme tous ces ſels ne ſe manifeſtent pas auſſi ſenſiblement, on les reconnoît

ordinairement par la propriété qu'ils ont de convertir en rouge les couleurs bleues, ou violettes des végétaux. Leur caractere particulier.

Ces sels se trouvent sous deux formes différentes. Les uns sont *concrets* ou *solides* : les autres se présentent sous une forme liquide, & on les nomme *fluors*. A proprement parler cependant, tous les acides sont concrets, mais ils ont une si grande affinité avec l'eau, qu'ils s'emparent avec avidité de celle qui se trouve habituellement dans l'atmosphere ; ce qui les fait passer de l'état concret à celui de fluor.

Les acides se tirent de la terre, des plantes & des animaux. De-là cette division des acides en acides *minéraux*, *végétaux* & *animaux*. Les premiers se subdivisent en quatre especes ; savoir, en acides *vitriolique*, *nitreux*, *marin* & *sulfureux*. Division des acides.

L'acide vitriolique tient le premier rang parmi les acides minéraux. Quelques-uns même le regardent, d'après l'opinion de *Stahl*, comme l'acide primitif & universel. Il est composé de terre & d'eau, non qu'on soit parvenu, jusqu'à présent, à le produire, par la combinaison de ces deux principes, mais parce qu'on trouve exactement dans cet acide les propriétés moyennes entre celles qu'on remarque dans la terre & dans l'eau. Si la saveur corrosive & forte qu'il porte avec lui, ne se trouve ni dans l'un, ni dans l'autre de ces principes, ce n'est pas une raison de croire, comme l'observe très-bien M. *Macquer* (1), qu'il soit composé d'un troisieme Acide vitriolique.

(1) Macquer, Dict. de Chym. t. 1.

principe diſtinct de ceux que nous venons d'indiquer.

Cet acide, qu'on ne trouve jamais ſous une forme concrete, eſt extrêmement limpide. Il n'a ni couleur, ni odeur par lui-même, mais il a une ſaveur aigre qui agace les dents avec la plus grande violence. Lorſqu'il eſt bien rectifié & très-concentré, ſa peſanteur ſpécifique devient double, & quelquefois plus que double de celle de l'eau diſtillée; ſa concentration lui fait perdre une partie de ſa fluidité. Il devient alors gras au toucher, oléagineux, ce qui lui fait donner, aſſez improprement toutefois, le nom *d'huile de vitriol.* Cette onctuoſité ne vient que de ce qu'il attaque & qu'il diſſout effectivement une portion de la ſubſtance graiſſeuſe de la peau.

Propriété ſinguliere de cet acide.

Son mêlange avec l'eau, produit un phénomene dont nous aurons occaſion de parler par la ſuite, & qui eſt bien digne de l'attention du Phyſicien. Ces deux liquides combinés à parties égales, produiſent un bouillonnement manifeſte; ils exhalent des vapeurs très-abondantes, & ils acquierent un degré de chaleur qui excede quelquefois celui de l'eau bouillante.

Ses combinaiſons.

Cet acide jouit encore de la plus grande affinité avec le phlogiſtique, & avec les alkalis de toute eſpece. C'eſt le diſſolvant univerſel de toutes les ſubſtances métalliques; il forme avec elles des ſels neutres & ſuſceptibles de cryſtalliſation. Il agit puiſſamment ſur les huiles & ſur les matieres huileuſes concrétes. Il perd, par ſa combinaiſon avec l'eſprit-de-vin, une grande partie de ſon acidité, & il fournit alors une liqueur particuliere, qu'on connoît ſous le nom d'*éther.*

d'*éther*. Il produit encore nombre de phénomenes, dans le détail desquels nous ne descendrons pas, mais qui méritent tous l'attention des Chymistes.

Acide nitreux.

L'acide nitreux se tire, sous forme liquide, du nitre, autrement dit le *salpêtre*. C'est une liqueur dont la couleur varie, à raison qu'elle est plus ou moins concentrée. Dans son plus grand degré de concentration, elle est d'une couleur brune, tirant sur le rouge, & elle répand continuellement des vapeurs de même couleur. Ces vapeurs exhalent une odeur forte & nauséabonde. Moins concentrée, sa couleur est citrine, & ses vapeurs sont moins abondantes. Nous aurons occasion de faire usage par la suite de chacune de ces liqueurs.

L'une ou l'autre mise sur la peau, elle l'attaque, la brûle, & elle la tache d'une couleur jaune, qui ne disparoît qu'avec l'épiderme. Exposée au contact de l'air, elle en absorbe l'humidité, moins puissamment cependant que l'acide vitriolique. Sa pesanteur spécifique est aussi plus petite que celle de ce dernier. M. *Rouelle* prétend qu'elle ne va guere qu'à la moitié en sus de celle de l'eau ordinaire (1).

Quoique l'acide nitreux soit moins actif, à bien des égards, que l'acide vitriolique, il dissout cependant, avec plus de promptitude, les substances qu'il attaque. C'est le dissolvant de tous les métaux, à l'exception de l'or & de la platine; & nous aurons occasion de faire observer par-

(1) Rouelle, Mém. de l'Acad. Roy. des Scien.

ticuliérement ce dernier phénomene. Uni aux substances terreuses, calcaires & absorbantes, il forme avec elles des sels neutres qui ne se cristallisent que difficilement, & qui attirent l'humidité de l'air. Combiné avec des matieres huileuses & inflammables, il forme avec elles des composés savonneux, ou tirant sur la nature des résines. Extrêmement concentré, il les enflamme; & c'est encore un phénomene particulier dont nous aurons occasion de parler par la suite.

Acide marin. *L'acide marin* tire son nom du sel marin qui le fournit. Le sel gemme fossile, le sel des fontaines, celui des puits salans, qui ont tous le même caractere, en fournissent également.

Il differe de l'acide vitriolique, par sa pesanteur spécifique; elle est beaucoup moindre. Il en differe encore par sa couleur, son odeur, & ses vapeurs. Il a moins d'affinité avec les alkalis fixes, & les terres absorbantes. Il ne forme, avec la plupart de ces dernieres substances, que des sels déliquescens. Il differe pareillement de l'acide nitreux, par ce même caractere. Ce dernier a beaucoup plus d'affinité que lui avec ces mêmes substances. La couleur de l'acide marin est moins foncée. Les vapeurs qu'il exhale sont blanches, & ne sont visibles qu'à l'air libre. Beaucoup moins susceptible de concentration, que l'acide vitriolique, l'acide marin dissout plus difficilement les substances métalliques, & il n'agit sur l'or & sur la platine, que par son mêlange avec l'acide nitreux.

Acide sulfureux. *L'acide sulfureux* est le plus foible de tous les acides minéraux. Ce n'est, à proprement parler, qu'une modification de l'acide vitriolique. On

le trouve dans le voisinage des volcans & des mines sulfureuses qu'on grille. On le produit artificiellement, en plongeant un charbon allumé dans de l'huile de vitriol, ou en général, en unissant à ce dernier acide une petite quantité de phlogistique.

Acides végétaux.

Les acides végétaux se tirent du regne végétal. Tels sont les sucs des fruits aigres, le vinaigre, &c. Ils different des précédens, en ce qu'ils sont moins simples, moins fixes, & moins susceptibles de concentration. Ils sont, outre cela, unis à une certaine quantité d'huile, avec laquelle ils sont combinés si intimement, qu'on ne peut les en séparer que par des opérations très-délicates. Ces acides sont toujours le produit de la fermentation; ce qui fait qu'on les distingue en deux especes : *l'acide tartareux*, produit de la fermentation vineuse, & *l'acide du vinaigre*, produit de la fermentation acéteuse.

Acides animaux.

Les acides animaux proviennent de certaines parties animales, telles que le beurre, les graisses, le sang, &c. Ceux-ci ne sont point encore bien connus, & on doute même qu'ils different essentiellement des précédens.

Alkali.

L'alkali est encore un sel simple, qui jouit de toutes les propriétés salines à un degré assez éminent, pour pouvoir les communiquer à des substances non salines. Sa saveur, quoiqu'assez forte & cautérisante, est de beaucoup inférieure à celle des acides. Bien moins soluble qu'eux, on peut l'obtenir sous une forme concrete & cristalline : il adhere outre cela moins fortement que les acides aux substances auxquelles il est uni; puisque la plupart de ses combinaisons avec des corps

non ſalins, ſe décompoſent d'elles-mêmes.

Diviſion des alkalis.

On diviſe les alkalis en *fixes* & en *volatils*. Les premiers ſont compoſés d'acide, de terre & d'une petite portion de phlogiſtique : on les diviſe en *minéraux* & en *végétaux*.

Alkali minéral.

L'*alkali minéral*, ainſi nommé, parce qu'il ſert de baſe au ſel marin, & au ſel gemme, ſe trouve en différentes contrées. Il eſt connu de pluſieurs ſous le nom de *natrum*, ou de *ſoude blanche d'Egypte*. On le retire encore de pluſieurs plantes maritimes qui le fourniſſent abondamment.

Alkali végétal.

L'*alkali végétal* ſe tire par la combuſtion des ſubſtances végétales. On lui donne différens noms; mais on n'emploie ordinairement en Phyſique que le ſel de tartre.

Différence entre les alkalis fixes minéraux & végétaux.

Tous les alkalis fixes végétaux ſont déliquéſcens, c'eſt-à-dire, qu'expoſés à l'air libre, ils en attirent l'humidité & ſe fondent; c'eſt ce que les Chymiſtes appellent *tomber en défaillance*, ou en *deliquium*. Cette propriété les diſtingue de l'alkali minéral : celui-ci réſiſte à l'humidité de l'air, s'y deſſéche & perd l'eau de ſa cryſtalliſation. De quelqu'eſpece que ſoit l'alkali fixe, on y découvre les propriétés ſuivantes, en ſuppoſant qu'il ſoit ſous une forme concrete.

Caracteres généraux des alkalis fixes.

Il excite ſur la langue une ſaveur âcre & brûlante. Il ſe fond à une chaleur douce : il change en verd les couleurs bleues & violettes des végétaux. Mêlé avec un acide quelconque, il s'unit avec lui avec effervescence, & juſqu'au point de ſaturation. Ces deux derniers caracteres ſe font également remarquer dans les alkalis fixes, tombés en défaillance.

Alkali volatil.

L'*alkali volatil* eſt une eſpece de ſel qu'on re-

tire par la décomposition des substances animales, & de quelques-unes des végétales. La putréfaction est encore un moyen très-propre à l'obtenir.

Si cette espece d'alkali participe à quelques-unes des propriétés de l'alkali fixe, s'il est, comme lui, âcre, caustique, brûlant; s'il change pareillement en verd les couleurs bleues ou violettes des végétaux, il en differe essentiellement par son extrême volatilité, qui provient d'une huile atténuée & très-subtile, qui entre dans sa composition.

Cet alkali jouit d'une très-grande affinité avec l'eau. Il l'absorbe aisément, & il se résout en liqueur, ce qui forme ce qu'on appelle communément *esprit alkali volatil.* Combiné avec un acide, au point de saturation, il produit un véritable sel ammoniac.

Tous les *sels composés* résultent de l'union d'une substance essentiellement saline, combinée avec une autre substance pareillement saline, mais d'une espece différente, ou même avec une substance non saline. C'est à ces différens mêlanges que nous devons cette multitude étonnante de sels, qu'on connoît en général sous le nom de *sels neutres.* Sels composés.

Ceux-ci sont formés de l'union d'un acide à une substance, qu'on appelle *sa base*, prise dans tous les corps qui peuvent se combiner avec les acides, de façon qu'ils perdent réciproquement, par cette union, les qualités qui les distinguent. On ne leur donne néanmoins le nom de *sels neutres*, que lorsque les qualités du mixte ne sont ni celles de son acide pur, ni celles de sa base pure, mais des qualités mixtes ou moyennes. De-là, Sels neutres.

cette diverſité prodigieuſe de ſels neutres, dont nous n'expoſerons point ici la nomenclature, pour ne pas paſſer les bornes que nous ſommes obligés de nous preſcrire.

(§. 20.) NOTE 3. *Tels que les obſervations les indiquent.*

Loi unique & générale d'attraction, pour les grandes & les petites diſtances.

Il paroît, en effet, naturel de croire que tous les phénomenes que nous rapportons à l'attraction, dépendent d'une même cauſe, qui agit conſtamment ſuivant la même loi, dans tous les cas imaginables; mais que ces phénomenes varient, relativement aux circonſtances qui influent & qui modifient différemment l'action de la cauſe principale.

Cette maniere de conſidérer la loi générale d'attraction, nous paroît d'autant plus conforme au génie de la nature, qu'il ſe préſente & qu'on obſerve quantité de circonſtances, dans leſquelles l'attraction, agiſſant de la même maniere, doit néanmoins produire des effets auſſi différens entre eux, que ceux qu'on remarque dans les phénomenes d'attractions à de petites diſtances, comparés à ceux qu'on obſerve dans les attractions à de grandes diſtances.

Pour éviter la prolixité dans cette diſcuſſion, nous nous bornerons à aſſigner quelques circonſtances, où ces effets doivent avoir lieu. La premiere qui ſe préſente naturellement à l'eſprit, c'eſt la ténuité des particules entre leſquelles les effets de la cohéſion ſe font remarquer.

Pl. 1, fig. 2. Premiere raiſon de cette unité.

Suppoſons, par exemple, une ſphere creuſe S (pl. 1, fig. 2), de la moindre épaiſſeur poſſible, & P un corpuſcule placé à quelque diſtance,

sur le prolongement du diametre B A. Si chaque particule infiniment petite D, O de la sphere est supposée exercer, sur le corpuscule P, une attraction qui soit en raison inverse du quarré de sa distance à ce corpuscule, il est démontré (1) que ce corpuscule sera mu vers le centre avec une force réciproquement proportionnelle au quarré de sa distance vers ce centre. Cela posé, si deux ou plusieurs corpuscules D, O, viennent à se réunir en une petite masse, & que cette derniere agisse sur le corpuscule P, elle lui communiquera une force relativement plus grande, que celle qu'il reçoit de la sphere entiere.

Que l'on prenne, en effet, sur le même grand cercle A D B O, de part & d'autre du diametre B A & à distances égales, deux particules D, O: qu'on fasse l'effort de la particule D = P G, & que celui de la particule O soit représenté par P E = P G. La force avec laquelle le corpuscule P sera attiré vers le centre C, en vertu de cette double action, sera égale à la diagonale P T, & cette force sera proportionelle à celle avec laquelle il est mu vers le centre, en vertu de l'attraction de la sphere entiere.

Il suffit donc de prouver ici; que si ces particules D & O viennent à se réunir en une petite masse, & que cette derniere agisse seule contre le corpuscule P, elle lui communiquera une force plus grande que celle que nous venons d'exprimer par P T. Or, la particule O, se réunissant à la particule D, l'angle D P O s'évanouira: les

(1) Newton, prin. lib. 1. part. 71.

forces P G, P E cesseront d'être obliques, & conséquemment elles se réuniront entièrement contre le corpuscule P. De-là, la force avec laquelle il sera attiré vers le centre C, sera égale à P G & P E pris ensemble, & conséquemment une petite particule qui en attire une autre, suivant une certaine loi donnée, produira sur cette derniere une force relativement plus grande que celle qui naîtroit de l'attraction d'un corps d'un plus grand volume, qui l'attireroit suivant la même loi. Donc à raison de l'extrême tenuité des particules entre lesquelles l'attraction agit dans les cohésions, les effets doivent paroître plus grands que ceux qui se font remarquer à de plus grandes distances, quoique cette cause agisse suivant la même loi.

Seconde raison de la même unité.

Une seconde circonstance, qui ne doit pas moins influer sur les variétés que nous observons ici, c'est la réciprocité de l'action des corps. L'effort de cette réciprocité doit être très-considérable à de très-petites distances, & devenir presque nulle, lorsque les distances sont plus grandes.

Tout corps qui en attire un autre, en est en même-temps attiré; ce qui produit entre eux une augmentation de forces pour s'approcher. Or, il faut remarquer,

1°. Que cette augmentation de forces ne peut avoir lieu entre des corps dont les masses sont en très-grande disproportion, parce que l'attraction à égales distances, étant en raison des masses, celle qui sera extrêmement petite, ne produira qu'un effet extrêmement petit, qu'on pourra regarder comme nul sur un autre corps dont la masse sera très-grande.

2°. Qu'à de très-grandes distances, cette augmentation de forces deviendroit insensible, & conséquemment devroit encore être réputée nulle. Elle ne pourroit, en effet, se manifester sensiblement, que par l'augmentation de vîtesse avec laquelle les corps se porteroient l'un vers l'autre, ou, ce qui est la même chose, par l'augmentation de l'espace sensible dont ils se rapprocheroient dans un temps donné. Or, il est évident que plus la distance qui sépare deux corps est grande, plus l'augmentation de l'espace sensible dont ils s'approchent, dans un temps donné, est petite, & qu'à de très-grandes distances, elle devient absolument nulle. Les deux raisons réunies empêchent qu'il n'y ait, ou qu'on ne remarque, entre le soleil & les planetes, une augmentation de forces, qui puisse être attribuée à leur attraction réciproque. Mais il semble que des raisons contraires doivent produire une très-grande augmentation de forces dans les cohésions.

Comme les particules, qui s'attirent alors, sont à peu près égales, la force avec laquelle elles s'approchent, ou s'unissent, devient, en vertu de leur attraction réciproque, double de ce qu'elle seroit sans cette attraction, & dans les petites distances auxquelles ces phénomenes s'operent, le moindre accroissement de vîtesse ou de force doit devenir sensible.

Voilà donc encore une circonstance, à raison de laquelle l'attraction agissant toujours, selon la même loi du quarré, paroît produire, dans les cohésions, une force beaucoup plus grande que celle qu'elle produit dans les planetes; ce qui paroît plus que suffisant pour croire que c'est avec

trop de précipitation qu'on a eu recours à deux loix différentes d'attraction pour les grandes & pour les petites distances, ou mieux, à deux modifications particulieres d'une loi générale. Toutefois ce ne sont que de nouvelles vues que nous proposons ici, & que nous soumettons à l'examen & aux recherches des Physiciens (1).

Observation sur la difficulté que les Carthésiens opposent à la duplicité de la loi générale de l'attraction, pour les grandes & pour les petites distances.

Nous observerons, avant de terminer cet article, que si nous voulons exclure une double loi d'attraction, nous n'approuvons pas pour cela le reproche que les Carthésiens ne cessent de faire à ce sujet. Nous ne croyons pas avec eux, que ce seroit aller directement contre la simplicité des opérations de la nature, que d'admettre deux façons d'agir dans une seule & même cause. Nous observerons même à cet égard, que ce ne seroit point ici la seule circonstance, ou la même cause, en se modifiant sur différens sujets, suivroit des loix différentes. La réfraction qui dépend d'une même cause, nous en fournit la preuve. Ses loix sont bien différentes; elles sont même directement opposées pour la lumiere & pour les autres corps. Pareillement les loix de la pression des fluides, ne sont point, à tous égards, les mêmes que celles de la pression des solides. Elles dépendent cependant d'une seule & unique cause.

On pourroit encore répondre d'une autre maniere, qui nous paroît assez ingénieuse, sans toutefois l'adopter, à la difficulté des Carthésiens, & leur démontrer que la simplicité des opérations de la nature, n'a rien à souffrir de

(1) Journal de Trévoux.

cette duplicité d'action qu'on admettroit dans l'attraction. On pourroit leur dire, d'après *Sigorne* (1), que l'attraction primitive n'eſt en raiſon inverſe, ni des quarrés, ni des cubes des diſtances, mais dans un rapport mixte & compoſé des deux. L'attraction eſt générale, dit-il, ſa loi primitive eſt la même pour tous les effets, mais elle ſe modifie, & elle ſe particulariſe ſelon la différence des circonſtances. Soit P, la peſanteur ou l'attraction. D, la diſtance. Si vous faites P, proportionnelle à $\frac{a}{dd}+\frac{b}{d^3}$; ce ſera la loi générale d'attraction. Or, dans les grandes diſtances, cette formule devient $\frac{a}{dd}$, puiſque l'autre partie $\frac{b}{d^3}$ n'eſt ſenſible que près du contact; d'où il ſuit que l'attraction qui regle, dans les Cieux le mouvement des planetes, ſuit le rapport renverſé du quarré des diſtances, comme le requierent les phénomenes aſtronomiques. Dans les petites diſtances, au contraire, c'eſt la partie $\frac{b}{d^3}$ qui domine, puiſque cette eſpece d'attraction augmente infiniment au point du contact; & c'eſt ce qu'il faut pour les phénomenes chymiques. Une ſeule loi, conclut *Sigorne*, ſuffit donc pour tous les effets; & le reproche des Carthéſiens n'eſt pas fondé.

(1) Sigorne, inſtit. Newton, pag. 412.

NOTES
SUR
LA SECONDE SECTION.

(§. 31.) NOTE I. *S'y convertit en chyle.*

Du chyle & de la digestion qui le produit.

Le *chyle* est un suc blanchâtre, une espece de liqueur laiteuse exprimée des alimens, par le moyen de la digestion. Pour se former une idée de la maniere selon laquelle cette liqueur précieuse se forme, nous exposerons, mais en peu de mots, le méchanisme de la digestion, l'une des plus importantes des fonctions naturelles, qui s'operent dans l'économie animale.

La digestion est une fonction dont le principal but est de changer en chyle les alimens que nous prenons. Ce changement s'opere dans l'estomac & dans les intestins.

Description de l'estomac.

L'estomac ou le ventricule est une espece de poche, située dans la capacité du bas-ventre, au-dessous du diaphragme, qui sépare cette capacité de celle de la poitrine.

Ce viscere est composé de plusieurs tuniques. On distingue particuliérement la graisseuse, la musculeuse, & la nerveuse. Sur la convexité de cette derniere, rampe un très-grand nombre de vaisseaux sanguins & nerveux. Elle est beaucoup plus étendue que les deux précédentes. Aussi forme-t-elle avec la quatrieme, qu'on nomme

veloutée, plusieurs rides qui s'étendent en grande partie selon la longueur de l'estomac. On remarque sur la surface de cette derniere, une quantité prodigieuse de petites ouvertures, qui répondent à autant de glandes placées par-derriere. Celles-ci fournissent la *lymphe stomacale*, qu'on appelle plus communément *le suc gastrique*.

Des intestins.

La continuité de l'estomac forme un canal qu'on appelle *intestinal*, & plus communément les *intestins*, vulgairement les *boyaux*. On les divise en grêles & en gros, eu égard à leur capacité. Les grêles sont au nombre de trois, à compter immédiatement à la suite de l'estomac; le *duodenum*, le *jejunum*, & l'*ileum*. Les gros sont en même nombre, le *coecum*, le *colon*, & le *rectum*. Ils sont tous, excepté le duodenum, attachés à un corps membraneux & graisseux, qu'on appelle le *mésentere*. Repliés les uns sur les autres, ils forment, dans la capacité du bas-ventre, plusieurs circonvolutions, que les Anatomistes remarquent avec soin. La longueur de ce canal, lorsqu'il est développé, égale communément six fois la longueur du corps auquel il appartient. Il est parsemé intérieurement de rides & d'especes de valvules qui servent spécialement à rallentir le mouvement progressif des matieres qu'il recele.

Diverses opinions sur la digestion.

Dans un temps où la Physique, livrée aux erreurs du péripathétisme, admettoit par-tout des qualités occultes, on disoit que la digestion s'opéroit par une *force concoctrice de l'estomac*. Mais depuis que les Physiologistes porterent le flambeau de l'expérience & de l'observation dans les replis tortueux du corps humain; depuis que

Anatomie, aidée des secours de la Physique & de la Chymie, éclaira leurs travaux, on commença à expliquer les fonctions de l'économie animale par des causes véritablement physiques.

On peut réduire à quatre chefs les principales opinions qui regnerent en différens temps dans l'Ecole, sur le méchanisme de la digestion. On la regarda d'abord comme le produit d'une véritable *putréfaction*; ensuite comme l'effet de la *fermentation*; bientôt après, on la fit dépendre de la *trituration*; mais elle fut enfin reconnue pour une véritable *dissolution chymique*.

Système de la putréfaction.

Empedocle fut le premier qui imagina que la digestion s'opéroit par voie de putréfaction (1). *Hippocrate* embrassa cette opinion, & lui donna tout le crédit qui la soutint pendant long-temps dans l'Ecole (2). Il est probable qu'elle dut son origine à une espece d'odeur aigre & forte que les alimens contractent pendant leur séjour dans l'estomac: mais lorsqu'on fut plus instruit sur le méchanisme de la putréfaction, on comprit aisément que l'action continuelle de ce viscere étoit un obstacle suffisant pour s'opposer à cette opération, & on conçut parfaitement, que si les alimens éprouvoient une véritable putréfaction, nous serions constamment affectés, vers la fin de la digestion, de naufées, de vomissemens, de douleurs de coliques, d'ardeurs d'entrailles, &c. comme il arrive lorsque les alimens dont nous

(1) Galenus, defin. med. in voce concoctio.
(2) Hyppocr. lib. de anat.

faisons usage, sont déjà atteints de pourriture; ce qui va directement contre notre façon habituelle de sentir.

Vers la fin du dernier siecle, les Chymistes transporterent dans l'estomac tous les fermens de leurs laboratoires, &. on soutint que la digestion n'étoit que le produit d'une véritable fermentation. Cette opinion fut d'abord proposée par *Van-Helmont* (1), embrassée ensuite par les plus célebres Physiologistes, tels que *Willis* (2), *Wedel* (3), *Geuder* (4), *Wieussens* (5), *Astruc* (6), &c. Système de la fermentation.

On éprouve, disoient-ils, dans le temps de la digestion, 1°. une distention, un gonflement d'estomac, qui indique la raréfaction, ou l'expansion des matieres qui y sont contenues: 2°. les qualités du chyle, ne sont plus les mêmes que celles des alimens qui le produisent: 3°. les principes qu'il fournit dans la distillation, different, à plusieurs égards, de ceux qu'on obtient immédiatement des alimens: trois caracteres particuliers d'une véritable fermentation. Nous démontrerons suffisamment, en exposant le véritable méchanisme de la digestion, la fausseté de cette opinion.

Dès 1684, le célebre Naturaliste *Lewenhoek* proposa le système de la trituration (7). Très- Système de la trituration.

(1) Van-Helm. hortus medicin.
(2) Willis, de fermentat.
(3) Wedel, pharmacop. acroam.
(4) Geuder, de fermentatione.
(5) Wieussens, Mém. de Trévoux, Janv. 1710.
(6) Astruc, Traité de la digestion.
(7) Lewenhoek, transf. philos.

séduisant au premier aspect ; il fut aussi-tôt accueilli par quantité de Savans, dont l'autorité étoit d'un grand poids dans l'Ecole. Nous remarquerons parmi ceux-ci, *Borelli* (1), *Pitcarne* (2), *Hecquet* (3), qui ne craignirent point de faire monter la force triturante de l'estomac à 12951 livres. Il faut lire dans l'ouvrage de *Borelli*, les données qui le conduisirent à ce résultat singulier. Mais on reconnut bientôt la fausseté du calcul de ce célebre Physiologiste, & ce qui l'induisit en erreur dans cette opération. Personne n'ignore actuellement de combien la force de l'estomac est éloignée de celle qu'il devroit avoir dans le système de la trituration ; & depuis le D. *Hecquet*, qui fut un des derniers & des plus zélés Partisans de ce système, on le vit aussi-tôt tomber dans le plus grand discrédit.

Nous observerons cependant ici que si les opinions que nous venons d'indiquer, sont toutes erronées ; elles ne le sont qu'autant qu'on les considere en particulier, & lorsqu'on veut rapporter au seul principe sur lequel elles sont fondées tout le méchanisme de la digestion. Cette fonction est une véritable opération chymique : elle exige le concours d'une multitude d'agens que nous allons faire connoître, après que nous aurons exposé, en peu de mots, ceux qu'on emploie dans nos laboratoires pour y exécuter des opérations du même genre.

(1) Borelli, de motu, animal. part. 1.
(2) Pitcarne, de motu quo cibi in ventric. redig.
(3) Hecquet, Traité des dispens. de Carême.

Il faut, 1°. que le corps à digérer soit placé dans un vaisseau approprié : 2°. que sa texture soit telle qu'il puisse être pénétré par le menstrue qu'on y applique : 3°. que ce menstrue puisse agir convenablement sur lui, & extraire les parties qu'on a dessein d'en séparer : 4°. que l'action de ce menstrue soit aidée d'une chaleur convenable, qui donne plus de mobilité à ses parties, & qui ouvre davantage les pores du corps qu'il doit dissoudre, afin que ce dernier livre un plus facile accès aux parties du dissolvant. Il faut néanmoins se garder de porter cette chaleur au-delà de certaines bornes : il seroit à craindre qu'elle n'attaquât les principes du dissolvant, & du corps qui doit être dissous : 5°. il faut enfin avoir soin d'agiter le vaisseau de temps en temps, pour éviter une fermentation qui nuiroit au succès de l'opération, & pour procurer en même temps au menstrue une plus grande facilité d'agir & d'attaquer plus intimement toute la masse du corps qu'on se propose de dissoudre.

Méchanisme d'une digestion chymique.

L'estomac & le duodenum même sont le vaisseau qui contient les alimens à digérer, & qui les contient assez de temps, pour que les sucs digestifs, qui y abordent, agissent convenablement sur eux. Tous les alimens, si nous en exceptons le sel qu'on leur ajoute, lequel, d'ailleurs, est très-soluble dans l'eau, ou dans tout autre principe aqueux ; tous les alimens, dis-je, sont tirés du regne animal, ou du regne végétal. Leur texture, quelque solide qu'on la suppose, ne peut résister à l'action des sucs digestifs, qui se séparent continuellement dans ce viscere. Ceux-ci portent avec eux le caractere & font les fonctions

Application de ce méchanisme à la digestion animale.

d'un véritable menſtrue. Ils pénétrent avec plus ou moins de facilité la pâte alimentaire, dont ils extraient les parties qui peuvent céder à leur action, telles que les parties ſalines, & les parties muqueuſes. Elles ſe ſéparent donc du mixte, qui ne conſerve alors que les parties huileuſes, non ſuſceptibles d'être attaquées convenablement par les ſucs de l'eſtomac : mais la bile, liqueur véritablement ſavonneuſe, joignant ſon action dans le duodenum, où elle ſe ſépare, à celle des ſucs digeſtifs & au ſuc pancréatique, qui y aborde également, aide à compléter la ſecrétion de la pâte alimentaire. Cette opération ſe trouve encore aidée de la chaleur de l'eſtomac, qui n'excede pas celle de trente-trois degrés, échelle de *Réaumur*, & du mouvement du diaphragme, qui agite continuellement l'eſtomac, & qui s'oppoſe à la fermentation que le mixte tend à contracter.

L'agitation de ce viſcere augmente encore l'action des ſucs digeſtifs. La pâte alimentaire, continuellement agitée, ſe préſente ſous différentes faces, & offre par cela ſeul plus d'accès aux ſucs qui s'efforcent de la pénétrer. Nous devons encore conſidérer ici que la ſecrétion réiterée des ſucs digeſtifs, qui ſe renouvelle continuellement dans l'eſtomac, doit contribuer à la perfection de cette fonction. Les Chymiſtes ſavent qu'on ne diſſout jamais mieux un corps, & qu'on n'en retire des produits plus abondans, que lorſqu'on l'attaque lentement, en verſant peu à peu, & à pluſieurs repriſes le menſtrue qui doit le diſſoudre.

Analogie de On reconnoît aiſément à ces caracteres une

opération qui se pratique habituellement, dans les laboratoires de Chymie, lorsqu'on se propose d'y faire des émulsions. Les procédés & les résultats sont on ne peut plus analogues. Le chyle que la digestion fournit, les excrémens presqu'entiérement dépouillés de sucs alimentaires, ne peuvent être mieux comparés qu'à cette espece de lait, & à cette espece de substance terreuse, qui naissent de la trituration des substances émulsives. La digestion avec les émulsions.

Personne n'ignore que si on triture, dans un mortier avec un peu d'eau & de sucre, une quantité d'amendes, on les réduit en pâte. Si on arrose cette pâte d'une plus grande quantité d'eau, & qu'on remue toute la masse, on combine ensemble, par l'intermede du sucre, les parties huileuses & les parties terreuses les plus légeres, & on obtient une liqueur blanche, douce, homogene, laquelle, étant bien reposée, se sépare en trois substances; l'une huileuse, l'autre séreuse, & la troisieme terreuse, celle-ci comme plus grossiere se précipite au fond du mortier. Or, on peut, par un procédé semblable, produire un chyle factice, & parfaitement analogue à celui d'une véritable digestion animale.

Faites cuire une quantité donnée d'alimens pris dans le regne animal, ou dans le regne végétal. Broyez-les ensuite dans un mortier, pour suppléer à la mastication. Il en résultera une pâte: renfermez celle-ci dans un matras, auquel vous aurez soin de communiquer & de conserver une chaleur de trente-trois degrés, échelle de *Réaumur*. Arrosez-la d'un peu d'eau, chargée d'une petite dose de sel, & ayez soin de remuer le vais- Digestion artificielle.

ſeau de momens à autres. Vous verrez d'abord paroître une liqueur trouble, & le tout répandra une odeur analogue à celle des alimens que vous aurez employés à cette opération. Le caractere de ceux-ci n'éprouvera aucun changement, pendant l'eſpace d'une heure : ils ſe conſerveront tels qu'on les obſerve, lorſque l'eſtomac les rejette, peu de temps après le repas. Cependant la liqueur perdra de plus en plus de ſa limpidité, & deviendra manifeſtement opaque : après l'eſpace de quatre heures, ces alimens ayant totalement perdu la forme qui leur eſt propre, vous n'obſerverez plus ici qu'une eſpece de pulpe cendrée. Verſez alors par-deſſus ce mêlange, une certaine quantité d'eau fortement chargée de ſavon : cette liqueur parfaitement analogue à la bile, & deſtinée à faire les fonctions de celle-ci, ſervira d'intermede aux liqueurs aqueuſes & huileuſes. La liqueur blanchira, & après l'eſpace de ſix heures, à compter du moment de l'opération, vous obtiendrez une liqueur qui portera avec elle tous les caracteres d'un véritable chyle. Il ne reſtera plus dans le vaiſſeau que la terre groſſiere & les parties fibreuſes inorganiques : celles-ci ſe putréfieront en peu de jours, & repréſenteront très-bien les excrémens groſſiers qui ſe ſéparent de la pâte alimentaire, dans les digeſtions animales. L'expérience eſt donc on ne peut plus conforme à notre maniere d'expliquer le méchaniſme de la digeſtion, qu'on doit regarder comme une véritable opération chymique.

Deſtination du chyle.

Le chyle ſéparé de la maſſe, par l'opération que nous venons de décrire, enfile la route des inteſtins. Il trouve, dans les premiers, nombre

d'ouvertures latérales qui le reçoivent & qui le portent dans quantité de petits vaiſſeaux blancs, qui gliſſent entre les deux lames du méſentere : ce ſont ces vaiſſeaux qu'on connoît ſous le nom *de veines lactées*. De ceux-ci, il paſſe & il ſe raſſemble dans un corps glanduleux, nommé *pancréas d'Aſellius*, du nom de celui qui découvrit les veines lactées en 1622 : ce premier réſervoir eſt ſitué vers le milieu du méſentere : il donne naiſſance à d'autres veines, pareillement lactées, plus groſſieres, mais moins nombreuſes que les précédentes. Ces dernieres tranſportent le chyle dans une eſpece de poche membraneuſe & cellulaire, placée, pour l'ordinaire, ſur le corps de la premiere vertebre des lombes, & connue ſous le nom de réſervoir de *Pecquet*, qui la découvrit en 1651. De la partie ſupérieure de ce réſervoir, naît un vaiſſeau blanc, appellé *canal thorachique*, deſtiné à tranſporter le chyle & à le faire remonter dans la veine ſous-claviere gauche, d'où il paſſe enſuite dans la veine-cave. Celle-ci s'en décharge dans l'oreillette droite du cœur, où elle verſe en même temps le réſidu du ſang, qui revient des routes de la circulation : c'eſt donc ſurtout dans la veine-cave, où le chyle ſe mêle avec le ſang. L'oreillette droite verſe ce mêlange dans le ventricule droit ; celui-ci le pouſſe dans la ſubſtance du poumon, où le chyle reçoit le dernier degré de perfection, qui le convertit en véritable ſang. C'eſt par cette derniere opération que la maſſe du ſang ſe renouvelle, & que la nature répare l'appauvriſſement que le ſang éprouve dans les routes de la circulation.

(§. 33.) NOTE 2. *Poussée dans le cœur.*

Description du cœur. *Le cœur* est un viscere qui joue un des plus grands rôles dans l'économie animale, & dont le Physicien ne doit ignorer, ni la structure, ni les fonctions.

C'est un muscle creux, dont la figure approche de celle d'un cône. Il est renfermé dans un sac membraneux qu'on connoît sous le nom de *péricarde*, auquel il est uni par plusieurs vaisseaux.

Sa base est tournée vers le haut, & répond au milieu de la cavité de la poitrine; sa pointe se porte un peu à gauche.

Ses fibres. La premiere inspection de la substance du cœur, ne présente qu'un tissu assez informe de fibres charnues, entrelacées en toutes sortes de sens; & il en est de ces fibres comme de toutes celles qui entrent dans la composition des parties musculeuses: elles se terminent par des extrémités tendineuses. On peut donc en général considérer la substance du cœur comme étant en partie charnue, & en partie tendineuse.

Ses ventricules. Si on pénetre dans son intérieur, on y remarque deux cavités plus longues que larges, séparées l'une de l'autre par une cloison charnue, qu'on appelle *septum medium*. Ce sont ces deux cavités qu'on désigne sous le nom de *ventricules du cœur*, & qu'on distingue en *ventricule droit* & en *ventricule gauche*.

Les parois de celui-ci sont beaucoup plus épaisses, aussi sont-elles obligées de pousser le sang dans toute l'habitude du corps, tandis que le ventricule droit ne le fait passer que dans la substance du poumon qui l'avoisine, le cœur

étant ſitué entre les deux lobes de ce viſcere. On n'eſt point trop d'accord ſur le rapport entre les capacités des deux ventricules. Elles paroiſſent cependant aſſez peu différentes.

La ſection de ces ventricules faite avec art, on découvre une diſpoſition admirable de fibres de différentes longueurs, dont la conſiſtance & les directions varient, mais diſpoſées de façon qu'elles forment de petites mailles, plus étroites vers la pointe du cœur, & qui deviennent de plus grandes en plus grandes, en approchant de ſa baſe. L'entrelacement de ces fibres varie d'un nombre prodigieux de manieres, & on remarque que les fibres longitudinales ſont croiſées par un bien plus grand nombre de fibres tranſverſales.

La plus grande partie des premieres, qui parviennent aux parois intérieures des ventricules, ne ſont point aſſez longues pour arriver juſqu'à la baſe du cœur. On les voit ſe réunir pluſieurs enſemble, & former, par leur réunion, des eſpeces de colonnes charnues, dont les extrémités tendineuſes vont ſe terminer aux valvules, dont nous parlerons plus bas.

On remarque dans l'intérieur de chaque ventricule, quantité de petites éminences charnues, & quantité de petits orifices, qui ſont les ouvertures des veines propres du cœur.

Vers la baſe de ce viſcere ſont ſitués deux eſpeces de ſacs, en partie charnus, en partie membraneux qui s'abouchent chacun avec le ventricule correſpondant. On les appelle les *oreillettes du cœur*, & on les diſtingue, comme les ventricules, en *oreillette droite* & en *oreillette* Ses oreillettes.

gauche. La droite eſt beaucoup plus ſpacieuſe que la gauche. *Santorini* prétend même avoir trouvé ce rapport égal à celui de 5 à 3 (1).

L'oreillette gauche eſt aſſez liſe & unie en dedans & en dehors. Elle préſente un petit appendice oriculaire, qui paroît comme découpé dans une grande partie de ſon contour.

Les deux oreillettes ſont ſéparées par une cloiſon, dans laquelle on remarque ſouvent la forme d'un trou oval, qu'on appelle *le trou Botall*, du nom de *Botall*, Médecin de Charles IX, auquel on en attribue la découverte. Ce trou qui n'exiſte communément que dans le fœtus, ſe trouve fermé dans l'adulte, la circulation du ſang ne s'exécutant pas de la même maniere dans l'un & dans l'autre, comme nous l'obſervons ailleurs.

Le trou Botall.

Les vaiſſeaux.

Chaque oreillette a deux ouvertures, l'une qui répond à la veine dont elle reçoit le ſang, & l'autre au ventricule dans lequel elle s'en décharge. Chaque ventricule a donc une ouverture qui s'ouvre dans l'oreillette correſpondante. On y remarque, outre cela, une autre ouverture qui s'abouche avec un gros tronc d'artere. Le ventricule droit communique avec l'*artere pulmonaire*, & le gauche avec l'*artere aorte*. Il y a donc à la baſe du cœur quatre gros troncs de vaiſſeaux, par leſquels il eſt comme ſuſpendu au milieu de la poitrine. Deux de ces vaiſſeaux prennent leur origine aux ventricules du cœur, pour diſtribuer le ſang dans toute l'habitude du

(2) Santorini, Mém. de l'Acad. Roy. des Scien.

corps. Les deux autres prennent la leur aux deux oreillettes, & c'eſt par leur miniſtere que le ſang eſt rapporté des routes de la circulation, dans les ventricules, pour retourner encore dans les routes de la circulation.

On conçoît facilement, par cet expoſé, que les ouvertures artérielles reçoivent le ſang des deux ventricules, au moment où le cœur ſe contracte, & où ſes parois ſe reſſerrent & ſe rapprochent. On conçoit pareillement qu'en ſe dilatant enſuite, il reçoit dans ſes ventricules le ſang que les veines viennent d'apporter dans les oreillettes. Or, dans cette alternative de dilatation & de contraction, n'y auroit-il point lieu de craindre que le ſang ne refluât dans les capacités dont il ſeroit ſorti ? En effet, lorſque le ventricule gauche, par exemple, ſe contracte, il pouſſe dans l'aorte le ſang qu'il contient ; mais comme ce même ventricule ſe dilate immédiatement après, pour recevoir le ſang de l'oreillette correſpondante, ne paroît-il pas naturel de craindre que le ſang, qui vient d'être pouſſé dans l'aorte, ne rétrograde dans ce ventricule ? Ce que je dis du ventricule gauche, doit s'entendre de ſon congénere & des oreillettes. La Nature a pourvu à cet inconvénient d'une maniere auſſi ſimple que ſûre. Elle a placé à ces ouvertures des eſpèces de ſoupapes, qu'on appelle *valvules*, qui s'oppoſent au reflux du ſang. Celles qu'on remarque aux embouchures des oreillettes, ſont flottantes du côté des ventricules, & permettent, par ce moyen, au ſang renfermé dans l'oreillette, de paſſer librement de cette capacité dans le ventricule correſpondant, dans le temps que cette

Les valvules.

derniere cavité ſe dilate : mais lorſque ces ventricules viennent enſuite à ſe contracter, & que le ſang fait effort pour retourner ſur ſes pas, & pour repaſſer dans les oreillettes, il s'engage ſous ces valvules : elles ſe relevent, & elles lui ferment le paſſage ; le ſang ne trouve alors d'iſſue que par les ouvertures artérielles, par leſquelles il s'échappe alors, en cédant à l'impulſion du cœur. Ces valvules ſont connues ſous le nom de *valvules triglochines*, ou *tricuſpidales*.

On remarque également des valvules à l'origine des arteres. Celles-ci reſſemblent aſſez à des paniers de pigeons, & on les nomme *ſygmoïdes*. Elles ſont flottantes du côté des arteres, & diſpoſées de maniere, qu'au moment où ces arteres ſe contractent, & où le ſang pourroit retourner dans les ventricules d'où il ſort, ces valvules ſe rempliſſent, & ferment la communication des arteres au cœur.

Vaiſſeaux propres du cœur.

Le cœur doit ſa nourriture à des vaiſſeaux qu'on appelle *coronaires*, par rapport aux différens contours qu'ils font à la circonférence de ſa baſe. Ils paroiſſent, en effet, l'entourer en forme de couronne. On les diſtingue en arteres & en veines.

Mouvement de diaſtole & de ſyſtole.

On conçoit facilement, par ce que nous venons de dire ci-deſſus, que le cœur eſt ſuſceptible de deux mouvemens. Par l'un, il entre en contraction ; & c'eſt ce mouvement qui eſt connu ſous le nom de *ſyſtole*. Par l'autre, il ſe dilate ; & ce dernier mouvement ſe nomme *diaſtole*. Les deux oreillettes ſont douées des mêmes mouvemens, mais ils s'exécutent en ſens contraire, c'eſt-à-dire qu'elles ſont douées du mou-

vement de ſyſtole, lorſque le cœur exerce celui de diaſtole, & alternativement; & c'eſt à l'aide de ces deux mouvemens, que s'exécute une des principales fonctions vitales de l'économie animale, la circulation du ſang.

NOTE 3. *Devient elle-même de véritable ſang.* (§. 33.)

La nature du ſang, ſa quantité, la vîteſſe avec laquelle il circule dans l'habitude du corps, les routes qu'il ſuit dans ſa circulation, ſont autant de queſtions importantes & bien dignes de la curioſité du Phyſicien.

Du ſang. Le ſang eſt un fluide compoſé de globules rouges, qu'on appelle, à proprement parler, le ſang, & d'une ſéroſité lymphatique dans laquelle ces globules nagent. Soumis à l'analyſe chymique, ce mixte ſe décompoſe, & on y découvre les principes que voici. Il s'éleve à un degré de feu modéré, une grande quantité d'eau, qui fait plus que les $\frac{5}{6}$ de la maſſe totale. Cette eau preſqu'inſipide, eſt néanmoins empreinte d'une huile fétide. Si on pouſſe enſuite le feu, il monte des liqueurs alkalines de différentes eſpeces, dont la premiere eſt fétide, âcre, rouſſe, & ſe nomme *eſprit de ſang*. Elle contient un ſel volatil diſſous dans l'eau, & elle fait $\frac{1}{12}$ de la maſſe du ſang qu'on diſtille. Il s'éleve encore, avant & pendant que l'huile monte, un ſel volatil ſec, qui s'attache par floccons branchus au col du balon; mais ce ſel ne s'éleve qu'en petite quantité. Il ne fait pas $\frac{1}{50}$ de la maſſe totale. L'huile du ſang vient enſuite, mais elle s'éleve plus lentement, & elle devient de plus en plus peſante. Elle paroît d'abord d'une cou-

Son analyſe.

leur jaune ; elle paſſe enſuite à une couleur noire, preſque auſſi tenace que de la poix ; elle eſt âcre & inflammable. Il reſte au fond du vaiſſeau une eſpece de charbon très-poreux, inflammable, & qui détonne dans l'inflammation. La cendre qu'on en retire, lavée, filtrée & évaporée, donne un ſel compoſé de ſel marin & d'alkali fixe, & il reſte ſur le filtre une petite portion de terre inſipide, qui fait à peine $\frac{1}{150}$ de la maſſe totale. Si on ſépare la ſéroſité du ſang, & qu'on la ſoumette à la même épreuve, elle donne les mêmes produits. Elle fournit cependant beaucoup plus de phlegme, & un peu moins d'huile.

Obſervation ſur les globules rouges du ſang.

On n'eſt point abſolument d'accord ſur la groſſeur des globules rouges du ſang. *Lewenhoek* (1) & *Jurin* (2) prétendent qu'ils ſont vingt-cinq mille fois plus petits qu'un grain de ſable. *Halles* (3) les regarde comme $\frac{1}{3240}$ de pouce. Le D. *Haller* (4) les ayant comparés à une plume de papillon, & examinés au microſcope ſolaire, crut qu'ils étoient un million de fois plus petits. *Eller* ſe ſervit d'un autre procédé, & il les évalue à $\frac{1}{1962}$ de pouce (5). On ne s'accorde point davantage ſur la figure de ces globules ; ce qu'il y a de conſtant, c'eſt qu'ils ſont prodigieuſement petits, & qu'ils ſont ſuſceptibles d'être plus ou moins atténuées, & conſéquemment de varier de groſ-

(1) Lewenhoek, tranſ. phil. n. 102.
(2) Diſſert. phyſ. math. pag. 45.
(3) Hæmaſtat, pag. 56.
(4) Mém. ſur la circul. du ſang, ch. 2.
(5) Mém. de l'Acad. de Berlin.

leur & forme (1). L'atténuation à laquelle ils sont exposés dans les routes de la circulation, dépend de l'action des vaisseaux dans lesquels ils circulent, de la longueur du chemin qu'ils sont obligés de parcourir, avant d'arriver au terme de leur circulation, & particuliérement de leur composition.

Quantité du sang.

Si on jugeoit de la quantité du sang par les hémorrhagies qui sont survenues à certaines personnes, on pourroit croire, avec quelques-uns, que ce fluide feroit la plus grande partie de la masse du corps. Mais le célebre *Dumoulin* croyant devoir décider cette question par analogie, & comparant le poids du corps de l'homme à celui d'une brebis, estime par la quantité de sang que fournit cette derniere, que le corps d'un homme du poids de cent soixante livres, n'en contient que huit livres; l'opinion de *Moor* (2) est cependant la plus universellement suivie dans l'Ecole, & on estime, d'après lui, que la masse du sang dans le corps d'une homme ordinaire, peut peser vingt-cinq livres. Mais avec quelle vîtesse ce fluide circule-t-il? C'est encore une question aussi importante, & aussi difficile à résoudre que les précédentes.

Vîtesse avec laquelle il circule.

Parmi la multitude d'opinions qui se sont élevées à ce sujet, celle de *Noguez* nous a paru la plus probable. Il fait parcourir cinquante-deux pieds à ce fluide dans l'espace d'une minute; & voici le calcul sur lequel il s'appuie.

---

(1) Senac, trait. du cœur, l. 2, p. 657. Vanswieten, comm. in aphoris. Boerhaave, t. 1.

(2) De Moor, cogit. pag. 38.

Chaque ventricule, dit-il (1), est capable de recevoir une once de sang, & même davantage. On peut donc supposer qu'il pousse une once de sang dans chaque systole. Or, le cœur se contracte environ quatre mille fois dans l'espace d'une heure, plus ou moins, suivant le tempérament, le sexe & l'âge. Il passe donc à travers le cœur quatre mille onces de sang par heure, ou deux cent cinquante livres. Or, on suppose communément que la masse du sang n'excede pas vingt-cinq livres : d'où il suit que toute la masse du sang doit passer dix fois par heure à travers le cœur ; ce qui fait une once en six minutes, ou environ. Si le cœur se contracte quatre-vingt fois dans une minute, il en passera alors vingt-cinq livres à travers les ventricules, une fois, en cinq minutes, ou douze fois par heure.

Or, la vîtesse avec laquelle un fluide sort d'un orifice donné, en coulant d'une maniere uniforme, & toujours dans la même quantité, est égale à celle d'un corps qui décrit un espace de même longueur qu'un cylindre, dont la base seroit égale à l'orifice, & dont la longueur égaleroit la quantité de fluide qui coule dans le même temps.

Supposons donc que le cœur se contracte quatre-vingt fois dans une minute, & qu'à chaque systole, il pousse dans l'aorte une once de sang dont le volume égale 1,659 pouces ; quatre-vingt onces feront donc 132,720 pouces. Or, le diametre de l'aorte égale 0,73 pouces, son

(1) Noguez, anat. pag. 236.

orifice égale donc 0, 4187. Si on diviſe donc 132, 720, par 0, 4187, on aura pour quotient un nombre de pouces, lequel étant réduit en pieds, donnera vingt-ſix pieds, & exprimera la longueur du cylindre, ou de l'eſpace que le ſang parcourt dans une minute, en ſuppoſant qu'il ſorte toujours du cœur avec la même vîteſſe. Mais comme on doit avoir égard à la dyaſtole du cœur qui dure pour le moins la moitié du temps d'une pulſation, il faut convenir qu'il ſort quatre-vingt onces de ſang dans l'eſpace d'une demi-minute; ce qui double la vîteſſe que nous venons de trouver. Il parcourt donc cinquante-deux pieds par minute.

Toutes indéciſes que ſoient les queſtions que nous venons de préſenter, nous avons cru devoir en donner une idée; ainſi que des moyens qu'on a employés pour les réſoudre. C'eſt mettre le Phyſicien ſur la voie, de faire de ſemblables recherches, & de ſe ſatisfaire par la ſuite d'une maniere plus certaine. Quelles ſont enfin les routes que le ſang parcourt dans ſa circulation? Cette derniere queſtion, bien plus étendue que les précédentes, exige des connoiſſances d'anatomie qui ne ſont point du reſſort de cet ouvrage. Il faudroit, pour la réſoudre, donner une deſcription exacte de tous les vaiſſeaux du corps humain. Ceux qui ſeront curieux d'étudier cette matiere, pourront conſulter l'anatomie du célebre *Vinſlow*. Mais pour s'en former une idée générale, nous obſerverons qu'on diſtingue en arteres & en veines les vaiſſeaux que le ſang parcourt dans ſa circulation. C'eſt par le miniſtere des premiers, qu'il eſt porté du cœur dans toute l'habitude du

Routes de la circulation.

corps, & par les veines, qu'il revient au cœur ; pour recommencer une nouvelle circulation.

Arteres. Les arteres prennent leur origine aux deux ventricules du cœur. Le ventricule droit s'abouche avec l'*artere pulmonaire*, ainsi nommée, parce qu'elle porte & qu'elle distribue, dans le poumon, le sang qu'elle reçoit de ce ventricule. Le gauche donne naissance à l'*artere aorte* destinée à porter le sang jusqu'aux extrémités du corps. Cette artere forme, à sa sortie du cœur, une espece de crosse, d'où partent pour l'ordinaire trois principaux troncs qu'on appelle *aorte ascendante*, pour les distinguer de la continuation de cette artere qu'on appelle *aorte descendante*.

Les trois branches qui partent de la crosse de l'aorte, sont de part & d'autre les deux *sous-clavieres*, parce qu'elles se jettent de droite & de gauche sous les clavicules, pour se porter de-là sous l'aisselle, & continuer leur trajet le long des bras. Elles jettent, chemin faisant, quantité de rameaux par le ministere desquels elles distribuent le sang à toutes les parties supérieures. L'un de ces principaux rameaux se porte à la moëlle de l'épine. Ces deux arteres montent, outre cela, le long du col, & pénétrent dans le crâne, pour s'y distribuer au cerveau, au cervelet & à la moëlle allongée.

La branche moyenne entre les deux sous-clavieres, se nomme la *carotide gauche*. Sa congénere, la *carotide droite*, prend naissance de la sous-claviere droite. Elles montent l'une & l'autre le long du col. Parvenues vers la partie supérieure, elles se distribuent chacune en deux branches principales, dont l'une, qui paroît la continuation

continuation du même tronc, se nomme la *carotide interne*, parce qu'elle pénetre dans le crâne. La seconde branche, appellée *carotide externe*, fournit au larynx, à la langue, à la mâchoire inférieure, & à toutes les parties de la face.

L'aorte inférieure fournit plusieurs branches dans la poitrine. Les unes se portent aux poumons, & s'appellent *arteres bronchiales*. D'autres se distribuent de part & d'autre aux côtes, & se nomment *intercostales*. Elle sort ensuite de la poitrine, en perçant le diaphragme, auquel elle jette un rameau, appellé *diaphragmatique inférieure*. A peu de distance, on voit naître un tronc assez considérable par son volume, mais très-court, qu'on appelle le *tronc cœliaque*. Ce tronc se partage en trois rameaux destinés à porter le sang à l'estomac, au foie & à la rate.

Plus bas, on remarque une seconde distribution de l'aorte, appellée la *mésentérique supérieure*, parce qu'elle se jette dans le mésentere. Au-dessous, naissent deux arteres assez grêles, qui vont aux reins, & qu'on appelle *émulgentes* : immédiatement après, vient la *mésentérique inférieure*, qui se distribue encore au mésentere, & communique avec la mésentérique supérieure. L'aorte fournit, outre cela, quantité de rameaux, qui se portent aux parties circonvoisines, à la moëlle de l'épine, &c.

Après ces différentes productions, l'aorte, parvenue à la quatrieme vertebre des lombes, se divise en deux branches principales, connues sous le nom *d'arteres iliaques*. Chacune de ces dernieres se distribue pareillement en deux

autres; ce qui forme de chaque côté *l'iliaque interne & externe*. La premiere jette nombre de rameaux qui se perdent dans les parties circonvoisines. L'externe sort du bassin, se continue le long de la cuisse, & se nomme alors *artere crurale*. Elle continue son chemin pour porter le sang jusqu'aux extrémités inférieures, par différentes productions que les Anatomistes ont distinguées par des noms relatifs à leurs positions.

Veines. Parvenues à leurs destinations, les arteres s'abouchent, s'anastomosent avec leurs veines faites pour rapporter le sang dans l'oreillette droite du cœur. Chaque artere est accompagnée d'une veine, & souvent même il s'en trouve deux pour une seule artere. On rencontre, outre cela, plusieurs veines isolées qui n'accompagnent aucune artere, telles sont; pour l'ordinaire, les veines extérieures des bras & des jambes. La plupart sont désignées sous les mêmes noms que les arteres qu'elles accompagnent.

Parmi cette multitude prodigieuse de veines que les Anatomistes distinguent dans le corps de l'homme, il en est trois principales qu'il est important de connoître. Ce sont la *veine cave*, la *veine porte*, & la *veine pulmonaire*. La premiere se divise en deux troncs principaux : en veine cave, ascendante ou inférieure, & en veine cave descendante ou supérieure. Ces deux troncs se joignent ensemble à l'oreillette droite du cœur, pour y verser conjointement le sang qu'ils rapportent des extrémités. La veine cave ascendante y porte le sang qui revient des extrémités inférieures, & la descendante celui qui revient des extrémités supérieures.

La veine porte eſt formée de deux branches principales. L'une reçoit le ſang de la rate, du pancréas, & d'une partie de l'eſtomac. L'autre celui qui vient des inteſtins & du méſentere. Ces deux branches ſe réuniſſent en un ſeul tronc qui pénetre le foie & qui vient enſuite ſe dégorger dans la veine cave inférieure ou aſcendante.

La veine pulmonaire reçoit le ſang de toutes les ramifications veineuſes, qui rampent dans la ſubſtance du poumon, & elle s'en décharge dans l'oreillette gauche du cœur.

On conçoit facilement, par ce court expoſé, trop ſuccinct toutefois pour donner une idée ſuffiſante de l'angiologie, ou de la diſtribution des vaiſſeaux; on conçoit, dis-je, de quelle maniere le ſang circule dans l'habitude du corps. On conçoit que le ſang, contenu dans le ventricule gauche du cœur, eſt diſtribué dans toutes les parties ſupérieures & inférieures du corps, par le miniſtere de l'aorte aſcendante & deſcendante, & à l'aide de leurs différentes diſtributions. On conçoit également que, parvenu aux extrémités des arteres, il eſt repris par les veines, qui le rapportent dans l'oreillette droite du cœur: que celle-ci s'en décharge dans le ventricule correſpondant, d'où il eſt pouſſé, par l'intermede de l'artere pulmonaire, dans toute la ſubſtance du poumon, qui s'en décharge à ſon tour par la veine pulmonaire, qui le rapporte dans l'oreillette gauche du cœur, d'où il eſt porté dans le ventricule gauche, pour ſubir une nouvelle circulation. Veut-on rendre ſenſible à l'œil la circulation de ce fluide, & examiner,

autant qu'il eſt poſſible, ſa conſtitution? Voici comment il faut procéder.

Expérience de la circulation du ſang. Attachez une grenouille ſur une eſpece de croix de métal, ayant ſoin de lier avec un fil les quatre membres de cet animal, de maniere qu'il ne puiſſe ſe déplacer, malgré les mouvemens dont il peut s'agiter. Ouvrez-lui longitudinalement le côté, pour en faire ſortir les inteſtins & le méſentere auquel ils ſont attachés. Placez le tout ſur une lame de verre, & étendez le méſentere de façon qu'on puiſſe diſtinguer facilement les vaiſſeaux qui y ſont diſtribués. Tenez en ſituation, avec de petits crochets, attachés à des lames de plomb, la portion du méſentere que vous voudrez obſerver. Le poids de deux ou trois de ces lames ſuffira pour vaincre les mouvemens convulſifs de l'animal, & empêcher que le méſentere ne ſe déplace. Diſpoſez cette portion méſentérique ſous la lentille d'un microſcope à trois verres, (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. pl. III, fig.* 4). Eclairez ſuffiſamment cet objet, avec le miroir de réflexion, & vous appercevrez des ruiſſeaux de ſang qui circuleront avec une vîteſſe extrême, dans les vaiſſeaux qui répondront au champ que le microſcope pourra embraſſer. Vous diſtinguerez facilement les globules rouges de la ſéroſité dans laquelle ils nagent. Ce dernier effet ſera d'autant plus ſenſible, que l'animal approchera davantage de ſa fin, & que la vîteſſe du ſang ſera plus rallentie.

(§. 22.) NOTE 4. *Ailleurs il ſe change en cartilages, en chairs, en graiſſes, &c.*

Les pertes continuelles auxquelles le corps de

l'homme est exposé, occasionnées par la transpiration insensible, & par les autres secrétions; l'action de l'air qui tend à dessécher ses parties; l'action réciproque des solides & des fluides, sont autant de causes qui se réunissent pour la destruction du corps. Il a donc besoin de réparations continuelles, lorsqu'il est arrivé à son état de consistance. Pris dans un âge moins avancé, il a besoin, outre cela, d'une nourriture particuliere, qui puisse faciliter le développement & l'accroissement de ses parties. Or, la circulation du sang & les secrétions, sont les deux moyens que la Nature a destinés à remplir ces fonctions. Mais comment les secrétions s'operent-elles dans le corps de l'animal? Comment les parties séparées du sang peuvent-elles concourir au développement des parties, à leur nutrition, & à leur conservation? Ce sont autant de questions bien faites pour piquer la curiosité du Physicien, & auxquelles nous allons répondre le plus succinctement & le plus clairement qu'il nous sera possible.

De la formation du corps & de l'accroissement de ses parties.

Considéré par rapport à ses dimensions, le corps de l'homme est susceptible d'un nombre prodigieux de vicissitudes, qui se succédent continuellement, depuis le premier instant de sa formation, jusqu'au moment de sa destruction. Il est un temps cependant, mais ce temps est de peu de durée, où le corps paroît jouir du dernier degré d'accroissement qu'il vient d'acquérir, & après lequel il dépérit insensiblement, jusqu'au moment où, réduit à l'impossibilité d'exécuter ses fonctions, l'homme succombe sous le poids de ses infirmités.

Dans le premier moment de la conception, le corps du fœtus n'eſt qu'un point, s'il eſt permis de s'exprimer ainſi : ce point ſe développe ſucceſſivement, & dans l'eſpace d'un mois il acquiert aſſez d'accroiſſement, pour qu'on puiſſe diſtinguer déja la trace & la figure imparfaite de ſes parties. L'action organique qui modifie, comme il convient, la matiere de leur nutrition, les développe enſuite avec aſſez de célérité, & après l'eſpace de neuf mois, ce petit point qui échappoit d'abord à la foibleſſe de nos organes, a acquis aſſez de dimenſions, pour former une maſſe ſolide de quinze à ſeize pouces de longueur, & du poids d'environ douze livres. Tel eſt à peu-près l'état du fœtus, lorſqu'il eſt à terme. Mais lorſque, débarraſſé des liens qui le retenoient dans le ſein de ſa mere, il devient membre de la Société, il s'en faut de beaucoup que ſon accroiſſement ſuive les mêmes progrès. Cette opération devient plus lente, & elle ſe rallentit à proportion que le corps s'éloigne du terme de ſa conception.

Cet accroiſſement néanmoins eſt encore aſſez ſenſible, juſqu'à l'âge de dix-huit à vingt ans, ou environ, pour qu'on puiſſe obſerver la progreſſion ſelon laquelle il ſe fait.

Le cœur eſt la premiere partie qui ſe développe & qui exécute les fonctions auxquelles il eſt deſtiné. Cet organe une fois vivifié, communique ſon action aux vaiſſeaux qui lui ſont continus, & qui commencent à ſe manifeſter alors. Cette action tranſmiſe & portée ſur des vaiſſeaux encore muqueux, les étend aiſément, ainſi que le tiſſu cellulaire qui les environne. Toutes ces parties,

ainsi que quelques fibres musculaires, qui commencent à paroître, cédent facilement, parce qu'elles renferment alors peu de terre, & qu'elles sont chargées d'un *gluten* qui s'unit & qui se prête aisément.

Vient ensuite l'ossification, mais elle ne peut avoir lieu que lorsque le suc gélatineux renfermé entre deux vaisseaux paralleles, devient osseux, par les pulsations réitérées de ces vaisseaux.

Ces os une fois formés s'allongent, augmentent de dimensions, de consistance, lorsque les vaisseaux, placés le long de leurs fibres, viennent à être étendus par le cœur. De cette extension, en effet, doit nécessairement suivre celle des fibres osseuses, qui sont entraînées par la force de contiguité des vaisseaux. Ces fibres s'allongent, poussent devant elles les cartilages qui les limitent de part & d'autre, ainsi que les autres parties élastiques qui les enveloppent, & qui paroissent s'opposer à leur extension.

Tel est, en peu de mots, le méchanisme que la nature paroît employer à l'accroissement des parties du corps humain, & au moyen duquel il se forme des intervalles entre les fibres osseuses & cellulaires qui se sont allongées. Ces intervalles sont remplis par des liquides, qui sont plus visqueux, plus gélatineux dans les jeunes animaux que dans les adultes. Ces liquides contractent donc plus facilement des adhérences, & se moulent plus aisément sur les petites cavités dans lesquelles ils pénetrent.

Mais tous ces effets deviennent moins sensibles, & s'operent plus lentement à mesure que le corps s'éloigne du premier moment de la conception;

parce que pluſieurs vaiſſeaux s'obliterent à la longue, & s'effacent par les battemens réitérés des gros troncs qui les avoiſinent. De l'affaiſſement & de la deſtruction de ces vaiſſeaux, conſtatés par les obſervations anatomiques, naiſſent des fibres plus ſolides, & qui réſiſtent davantage à leur extenſion. Ajoutez à cela que le principe aqueux ſe diſſipe plus abondamment par la compreſſion des muſcles & des arteres : les autres humeurs s'épaiſſiſſent également : les parties terreuſes deviennent plus abondantes ; de-là plus d'intimité dans l'union des parties : elles deviennent plus roides, plus ſolides, & elles s'oppoſent davantage à leur extenſion.

De l'état de conſiſtance.

Il eſt donc un terme où la réſiſtance devient égale à l'effort de la puiſſance, & conſéquemment où cette extenſion ceſſe d'avoir lieu : mais où placer ce terme ? C'eſt ce qu'on ne peut décider préciſément. Il dépend néceſſairement de pluſieurs cauſes concomitantes, dont on ne peut apprécier l'intenſité.

On le fixe néanmoins aſſez communément vers la vingtieme année de l'âge de l'homme, encore ce terme eſt-il peu permanent. Les ſolides ne pouvant alors céder à la force expanſive, qui tend à les étendre davantage en longueur, reſtent à la vérité, pendant quelque temps, dans le dernier état d'accroiſſement qu'ils ont reçu. Ils ont encore aſſez de flexibilité & de ſouplеſſe, pour être propres aux fonctions auxquelles ils ſont deſtinés, & ils ſe prêtent à leur deſtination.

Cependant les tiſſus cellulaires plus lâches & plus remplis de cavités, ſe prêtent encore à de nouvelles impulſions, & reçoivent la matiere de

la graisse, qui s'y sépare plus abondamment : elles prennent en conséquence plus d'extension, plus de consistance, plus de forces, & c'est alors que le corps de l'homme devient plus robuste, & propre à exercer des fonctions plus pénibles.

Du dépérissement du corps.

Si c'est un avantage pour l'homme d'être arrivé à cet état de consistance, c'est de ce moment qu'il doit compter le premier pas qu'il fait vers sa destruction : c'est alors que la flexibilité de ses fibres diminue insensiblement, & qu'elles deviennent moins propres à exercer leurs fonctions : c'est alors qu'elles résistent, outre mesure, à la distribution des sucs destinés à leur nutrition : c'est alors que les sucs eux-mêmes, dépravés jusqu'à un certain point, par les alimens salés, par les liqueurs inflammables & par quantité d'autres excès, ne portent plus dans les parties qu'ils doivent nourrir, ce *gluten* nécessaire & approprié à leur souplesse & à leur bonne constitution ; c'est alors que le sang commence à devenir âcre, & moins gélatineux : c'est alors que les fibres musculaires se durcissent & perdent sensiblement la faculté d'exercer leurs fonctions. Les gros vaisseaux se durcissent eux-mêmes : quelques-uns s'ossifient quelquefois & perdent cette force contractile indispensablement nécessaire à la circulation du fluide qu'ils contiennent : le cœur lui-même devient calleux, & perd considérablement de la force qu'il doit avoir, pour pousser le sang comme il convient dans les routes de la circulation. Les poumons ne sont point exempts de cette dépravation générale. Durs & schirreux, la respiration en devient plus difficile à accomplir. Un dérangement total s'opere alors dans la machine,

& elle ſuccombe inſenſiblement ſous le poids des infirmités qui ſurviennent & qui s'aggravent d'un jour à l'autre. Telles ſont, en peu de mots les viciſſitudes auxquelles le corps de l'homme eſt néceſſairement expoſé, depuis le premier moment de ſa formation, juſqu'à celui de ſa deſtruction.

Le paſſage de la vie à la mort eſt donc une ſuite néceſſaire de la conſtitution actuelle du corps humain. La mort eſt un terme que l'homme ne peut éviter, mais qu'il peut reculer plus ou moins, en entretenant un certain état de médiocrité dans la force des ſolides. Les paſſions & les exercices modérés; les alimens tirés des ſucs des végétaux, & variés ſuivant les ſaiſons; la tempérance; l'abſtinence des mets trop ſalés & d'un trop haut goût; celles des boiſſons inflammables; le choix d'un bon air, ſont autant de moyens qu'il peut utilement employer, pour retarder la roideur des ſolides, & prévenir juſqu'à un certain point le vice des fluides. En général une nutrition appropriée à la conſtitution actuelle, entretient cet équilibre néceſſaire entre les ſolides & les fluides, pour la conſervation de l'individu. Or, cette nutrition s'opere dans les routes de la circulation, par un méchaniſme particulier qui ſépare du ſang & de la lymphe les parties nutritives, les diſtribue & les aſſimile à celles qui ont beſoin d'être réparées: toutes ont beſoin de réparation; les fluides s'altèrent & ſe renouvellent; les os les plus ſolides ſe détruiſent inſenſiblement, & réparent, par les ſucs qui y abondent & qui s'oſſifient, les pertes continuelles auxquelles ils ſont expoſés. On en trouve

De la nutrition.

la preuve dans des expériences faites dans une autre vue par le D. *Haller* (1). On voit que dans les animaux nourris alternativement de garence & d'autres alimens, les os ſont compoſés de différentes couches, dont les unes impregnées de la teinture de la garence, ſont rouges, & les autres de couleur ordinaire. Il n'eſt donc aucune partie du corps, quelque ſolide qu'on la ſuppoſe, qui ne ſe détruiſe inſenſiblement, & qui ne ſe répare en même temps. L'action du cœur & des vaiſſeaux, qui entretient la circulation, porte donc par-tout le ſuc nourricier que les fluides charrient : elle l'applique dans les petits intervalles que laiſſent les molécules qui ſe détachent des ſolides ; elle l'y attache & l'y ſolidifie, pour ainſi dire, & le même ſuc, différemment modifié, ſuffit à la réparation & à la nourriture des parties molles, & des parties les plus ſolides. Ne voyons-nous pas, en effet, tous les jours, ce qui ſe paſſe dans la guériſon des fractures & des plaies ? Les fluides qui ſuintent des extrémités artérielles, acquierent en peu de temps, & ſenſiblement la nature des parties qu'ils regénerent : c'eſt ainſi que, par un méchaniſme que le Phyſicien ne peut trop admirer, le mouvement du cœur & des vaiſſeaux qui tend à la deſtruction des parties, en opere en même temps la réparation, ou la nutrition. Mais comment les ſucs nourriciers ſe ſéparent-ils des liquides qui les contiennent, & en général, par quel méchaniſme les ſecrétions s'operent-elles dans les routes de la circulation ?

(1) Mém. ſur la form. des os.

Des sécrétions.

Toutes les sécrétions s'operent, ou simplement par des extrémités artérielles, ou dans des organes particuliers, connus sous le nom de *glandes*. Ce sont de petites masses vasculeuses, composées de fibres tendineuses, & d'une infinité de vaisseaux de toute espece, soutenus & divisés par différentes membranes (1); ces vaisseaux sont de deux especes, les uns sont communs aux glandes & à toutes les parties du corps. Ce sont des vaisseaux sanguins, lymphatiques & nerveux. Les autres sont particuliers aux glandes, & sont connus sous le nom de *vaisseaux sécrétoires & excrétoires.*

On divise communément les glandes en deux classes; en *conglobées* & en *conglomerées.* Les premieres sont simples: les conglomerées paroissent composées de la réunion de plusieurs glandes de la premiere espéce.

On peut ranger sous deux classes, la multitude d'opinions qu'on a imaginées à cet égard. Les uns attribuent entiérement cette fonction aux liquides; les autres la font uniquement dépendre des solides.

Méchanisme des sécrétions, attribué à différens levains.

On imagina d'abord un levain ou un ferment particulier renfermé dans chaque glande, & destiné à procurer au liquide qui y abordoit la qualité qu'il devoit avoir. C'est ainsi, suivant les Partisans de cette opinion, que les parties du sang qui sont portées au foie, y sont changées en bile, quoique ces parties considérées en elles-

(1) De Haller, Physiol. pag. 88.

mêmes, ne portent aucun des caracteres de la bile (1).

La fauſſeté de cette opinion ſe manifeſte de différentes manieres. 1°. Lorſque le foie devient ſquirreux, lorſqu'il eſt engorgé, le ſang ceſſe alors de s'y filtrer. Or, quoique cette partie ſquirreuſe ne ſoit ni jaune, ni teinte de bile, on voit néanmoins cette couleur ſe répandre dans toute l'habitude du corps, & même ſe communiquer aux urines. D'où il ſuit que la bile eſt naturellement contenue dans le ſang, avant que ce fluide ſe porte dans le foie. Ce n'eſt donc point au ferment renfermé dans ce viſcere, qu'il faut attribuer la converſion du ſang en bile. Réfutation.

2°. Si on lie les deux arteres émulgentes d'un chien, il eſt manifeſte que la circulation du ſang ſera interrompue dans les reins de cet animal. Or, dans ce cas, l'expérience nous apprend que le chien eſt attaqué de vomiſſement, & l'humeur qu'il rejette alors exhale une très-forte odeur d'urine (2), les parties conſtituantes de l'urine exiſtent donc naturellement dans le ſang, avant que, porté dans les reins, il y ait ſubi l'altération qu'on voudroit attribuer au levain ou au ferment qu'on y ſuppoſe dépoſé.

Si on ne put ſe refuſer à croire, après de ſemblables obſervations, que les différentes humeurs ſont contenues dans le ſang; qu'elles circulent avec lui, & qu'elles ne font que ſe dépoſer dans les couloirs deſtinés à les recevoir, la maniere Attribué à une eſpece de duvet placé dans chaque glande.

(1) Cole de ſecret. Rivinus, Diſſ. pag. 214. Borelli, de mot. anim. pag. 129, 139.

(2) Pitcarne, Diſſert. de circul. ſang. per vaſa minima.

dont elles y ſont filtrées, fut encore un méchaniſme difficile à découvrir. Ceux qui cherchoient à l'expliquer par le ſeul ſecours des liqueurs, imaginerent une eſpece de duvet, *Tomentum*, placé dans chaque glande, & originairement imbibé d'une liqueur particuliere, & conſéquemment propre à ne filtrer & à ne laiſſer paſſer qu'une liqueur analogue à celle dont il étoit imbibé : cette opinion très-ingénieuſe en elle-même, ſoutenue de l'autorité de pluſieurs célebres Phyſiologiſtes (1), en impoſa d'autant plus, qu'elle paroiſſoit confirmée par une expérience très-ſéduiſante.

Expérience qui vient à l'appui de cette opinion.

Imbibez, en effet, pluſieurs filtres, des mêches de coton, par exemple, avec différentes liqueurs immiſcibles ; l'une avec de l'huile, une autre avec de l'eau, &c. Faites plonger ces mêches dans un vaſe un peu élevé, & rempli en partie d'huile & d'eau. Laiſſez-les pendre de chaque côté dans deux vaiſſeaux différens : elles feront l'office de filtres ou de ſyphon, mais celle qui ſera imbibée d'huile, ne filtrera que de l'huile, & l'autre ne filtrera que de l'eau.

Réfutation.

Outre qu'il n'eſt guere poſſible de concevoir une premiere imbibation antérieure aux ſecrétions, les mêmes obſervations qui détruiſent la premiere hypotheſe, ſont encore contradictoires à cette derniere. Il eſt, en effet, conſtant que ce goût & cette odeur d'urine qu'on éprouve dans preſque toutes les ſuppreſſions de cette liqueur ; que cette jauniſſe qui ſurvient dans toute l'habi-

(1) Helvetius, idée génér. de l'écon. anim. Winſlow, Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scienc. an. 1711.

tude du corps, lorsque le foie est obstrué, ne pourroient avoir lieu, si ces liqueurs ne pouvoient être séparées que dans des filtres déja imbus d'une liqueur analogue.

Attribué à la figure & aux dimensions des vaisseaux.

Ceux qui font dépendre les sécrétions de la disposition des solides, sont partagés entre eux; mais voici l'opinion la plus probable, & la plus accréditée dans l'école.

Opinion plus probable.

Si on ajoute aux vaisseaux sécrétoires, dont les capacités cylindriques sont assez variées, des vaisseaux collatéraux, dont la capacité soit au-dessous de la leur, on parviendra facilement à rendre raison de tous les phénomenes que cette fonction nous présente à examiner; puisque l'office de ces derniers vaisseaux sera de recevoir les fluides, dont les parties seront plus ténues que celles de ceux qui auront indistinctement enfilé les routes des vaisseaux sécrétoires; & ces vaisseaux collatéraux reporteront les liqueurs qu'ils recevront dans les routes de la circulation.

Supposons, en effet, des liquides dont le diametre des parties soit, selon le rapport des nombres 1, 2, 3, 4, &c. que ces quatre sortes de liquides soient portés dans un vaisseau sécrétoire quelconque, pour ne laisser dans ce vaisseau que les parties dont le diametre est égal à quatre; il ne s'agit alors que de supposer des vaisseaux collatéraux qui s'abouchent avec le premier, dont les orifices puissent recevoir les parties du liquide, dont le diametre est égal à trois; & ces seules parties resteront dans cette seconde espece de vaisseaux, si on suppose encore dans ces derniers des vaisseaux collatéraux propres à recevoir les parties du liquide dont le diametre est égal à deux.

Or, on peut ſuppoſer, ſans s'éloigner de la vérité, des vaiſſeaux collatéraux, dont le diametre aille toujours en décroiſſant, & dans leſquels il pourra continuellement ſe faire de nouvelles ſecrétions, qui ne laiſſeront dans chaque réſervoir qu'un liquide de même eſpece.

Ce méchaniſme extrêmement ſimple & très-conforme au génie de la Nature, paroît d'ailleurs confirmé par nombre d'obſervations auxquelles on ne peut ſe refuſer. 1°. Les diſſections nous font voir les différens diametres des vaiſſeaux ſecrétoires, & nous obſervons conſtamment que tous les vaiſſeaux vont en décroiſſant, juſqu'à ce qu'ils échappent à notre vue. 2°. La communication que nous ſuppoſons entre les vaiſſeaux collatéraux & les vaiſſeaux ſecrétoires, eſt parfaitement établie. Si on injecte du ſouffle, par exemple, & qu'on gonfle les pores biliaires, on fait gonfler en même-temps les vaiſſeaux lymphatiques.

La ſeule difficulté qui ſemble ſubſiſter, dans cette hypothèſe, c'eſt qu'il paroît naturel de croire qu'il s'échappera toujours avec les parties les plus groſſieres, d'autres parties plus fines, qui ne conſtituent point un même liquide. Quelque ſpécieuſe que paroiſſe cette difficulté, elle ne détruit point notre opinion. L'expérience démontre journellement qu'il y a toujours quelques parties de fluide hétérogene qui ſe mêlent avec l'humeur particuliere ſéparée dans chaque couloir. Or, c'eſt à l'aide de ces ſecrétions, que les liqueurs ſe renouvellent dans leurs couloirs particuliers, & que la lymphe nutritive ſe ſépare pour porter à chaque partie la nourriture & les réparations dont elle a beſoin.

NOTE 5. *A la recherche de la pierre philoſophale.* (5.)

S'il n'eſt point d'objet qui ait tenté davantage la cupidité de l'homme, & qui ait excité plus de conteſtations entre les Chymiſtes & les Phyſiciens, il n'en eſt point non plus ſur la nature duquel on ait été moins d'accord, & qui mérite mieux, par ſa célébrité, d'être connu de celui qui ſe propoſe de ſuivre les opérations de la Nature, & d'expliquer par quel méchaniſme l'Art peut quelquefois atteindre à imiter la Nature.

De la pierre philoſophale.

La *pierre philoſophale* eſt, dit-on, le réſultat d'une opération chymique, à l'aide de laquelle on parvient à tranſmuer les métaux, & à convertir un métal moins parfait en un autre plus parfait, mais principalement en or. Il eſt plus que probable que ce fut l'homogénéité de la matiere qui fit naître la préſomption des premiers Chymiſtes qui ſe livrerent à cette opération. La matiere étant homogene, il paroît naturel d'en conclure que l'or ne differe de toute autre ſubſtance, que par la diſpoſition particuliere de ſes principes : d'où il ſuit qu'en variant de différentes manieres ceux de tout autre corps, on pourra arriver à une diſpoſition particuliere, & parfaitement analogue à celle qui convient aux principes de l'or. Dans cette ſuppoſition, nulle difficulté dans la théorie ; mais auſſi combien n'en découvre-t-on pas auſſi-tôt dans la pratique ? Il ne falloit pas moins que l'eſpérance flatteuſe du ſuccès, fondée ſur des approximations, fort éloignées cependant, pour ſoutenir les travaux de ceux qui ont conſacré leur fortune

& leur temps à cette opération merveilleuſe. Mais eſt-il véritablement poſſible de tranſmuer les métaux, & de convertir en or un autre métal donné ?

Si nous ajoutions foi à toutes les fables que le Charlataniſme publia en différens temps, & que la crédulité publique mit en crédit, cette queſtion ſeroit bientôt réſolue. Il n'eſt point d'aſſertion mieux fondée que celle dans laquelle on ſoutient la poſſibilité d'un fait, d'après ſon exiſtence. Nous dirions donc qu'au rapport de *Becher*, l'Empereut Ferdinand III changea trois livres d'argent vif, en une maſſe d'or qui peſoit deux livres & demie, & que cette tranſmutation merveilleuſe s'opéra à l'aide d'un grain d'une certaine *teinture philoſophique*. Nous rapporterions un autre fait à-peu-près ſemblable, dont nous prendrions le célebre *Helvétius* pour garant (1). Nous confirmerions les deux précédens par les expériences que fit en 1736 le D. *Conſtantini* (2) : mais dans un ſiecle auſſi éclairé que le nôtre, & ſur-tout dans un ouvrage tel que celui-ci, une queſtion de cette importance doit être traitée plus philoſophiquement, en ſuppoſant même la vérité des faits que nous venons de rapporter. On doit donc attendre de nous quelques détails particuliers ſur la *métalliſation*, & ces détails doivent nous guider dans la ſolution de ce fameux problême, agité depuis ſi long-temps.

---

(1) Helvetius, vitulus aureus.
(2) Mém. de l'Acad. de Suede.

L'art peut-il imiter la nature dans la production des métaux ; ou eſt-il poſſible de tranſformer un métal en un autre métal d'une eſpece différente ? Etat de la queſtion.

Les travaux aſſidus des Chymiſtes ſur la nature des métaux, ne nous permettent plus de douter qu'ils ſont tous compoſés d'une certaine quantité de terre, unie au principe inflammable, autrement dit le phlogiſtique. L'expérience démontre, outre cela, qu'un métal quelconque ayant été calciné, juſqu'à un certain point, il ſe convertit en une ſubſtance véritablement terreuſe, qui ne conſerve aucun des caracteres métalliques. Cette terre recombinée avec le principe inflammable, pris de toute ſubſtance quelconque, propre à ſe réduire en charbon, ſe revivifie & reproduit de nouveau le métal qui avoit été détruit. Voici donc une revivification d'un métal, par l'union de deux ſubſtances qui, ſéparément priſes, n'avoient aucun des caracteres qui diſtinguent les métaux, & juſques-là le problême de la métalliſation n'emporte rien d'abſurde, ni de difficile avec lui. Solution.

Mais cette production ſuppoſe préalablement l'exiſtence du métal, puiſque l'un de ſes principes eſt une chaux, ou une terre priſe aux dépens d'un métal calciné & réduit en terre. Ce n'eſt donc point ici une véritable production, ni une tranſmutation, & cette opération ne tient nullement à l'état du problême dont il eſt ici queſtion. Reſte à ſavoir maintenant ſi le même phénomene auroit lieu avec une autre terre quelconque, qui n'eût appartenu à aucun métal. Or, toutes les tentatives qu'on a faites juſqu'à préſent, nous

apprennent qu'aucune de ces combinaiſons n'a pu former une ſubſtance vétitablement métallique, & même il eſt démontré qu'une terre métallique déphlogiſtiquée juſqu'à un certain point, & conſéquemment trop rapprochée de la nature d'une terre ordinaire, n'engendre point un véritable métal, par ſa combinaiſon avec le phlogiſtique. D'où il paroîtroit aſſez naturel de conclure, qu'outre les deux principes que nous venons d'indiquer, il entre encore, dans la compoſition des métaux, un troiſieme principe que nous ne connoiſſons point, & qui a échappé juſqu'à préſent aux recherches des Chymiſtes; car nous n'oſerions aſſurer avec *Beccher* & *Sthal*, qu'il exiſte dans les métaux une terre mercurielle, qui ſe diſſipe, lorſqu'on leur fait ſubir une trop forte calcination.

Si ce troiſieme principe, que nous ne faiſons que ſoupçonner, n'exiſte point, ne paroît-il pas naturel de croire avec pluſieurs célebres Chymiſtes, que l'impoſſibilité de métalliſer les terres ordinaires, & même les terres métalliques trop déphlogiſtiquées, tient uniquement à la difficulté de commencer leur union avec le phlogiſtique? Difficulté qui vient ſans doute de l'extrême différence qui ſe trouve entre la nature de la terre, & celle du phlogiſtique. Il paroîtroit donc plus naturel & plus facile de changer la nature, ou l'eſpece des métaux déja formés, & d'amener ceux qu'on regarde comme imparfaits à l'état de perfection qu'on diſtingue dans quelques-uns. C'eſt auſſi le principal objet des travaux des Alchymiſtes, & le véritable point de la queſtion que nous traitons. Mais cette tranſmutation eſt une

opération ſur la poſſibilité de laquelle aucun Chymiſte, pour peu qu'il ſoit inſtruit, n'oſera prononcer.

On conçoit, en effet, que s'il n'entre que deux principes dans la compoſition des métaux, la *terre* & le *phlogiſtique*: ſi ceux-ci ne different entre eux que par les proportions ſelon leſquelles ils ſont combinés, & par le plus ou le moins d'union qu'ils contractent, dans leurs combinaiſons variées, alors la tranſmutation devient très-poſſible: mais ſi, malgré le peu de multiplicité dans les principes, chaque métal contient une terre qui lui ſoit propre, & qui ſoit eſſentiellement différente de celle qui conſtitue une autre eſpece de métal, ce que nous ne pouvons que ſoupçonner encore, dans ce cas, la tranſmutation devient tout-à-fait impoſſible, puiſqu'il n'eſt pas donné à l'homme de changer à ſon gré les propriétés eſſentielles d'une ſubſtance ſimple & homogene. Nous ſommes donc encore bien éloignés de pouvoir réſoudre, avec connoiſſance de cauſe, le fameux problême de la tranſmutation.

Si on ne peut trop déplorer le ſort de ceux que la cupidité a conduits à une ſemblable recherche, on ne peut trop en même temps leur ſavoir gré des ſervices inattendus qu'ils ont rendus à la Chymie, & des découvertes précieuſes qu'on ne doit qu'à cette fâcheuſe manie. On ne peut même trop exhorter les véritables Chymiſtes à ſe livrer, juſqu'à un certain point, au même travail; à examiner avec ſoin la nature du principe terreux, qui entre dans la compoſition des métaux, & à s'aſſurer ſi ce principe eſt ſtrictement le même, ou de même nature

dans tous les métaux ; à examiner enſuite ſelon quelle proportion il eſt combiné dans chacun d'eux, avec le phlogiſtique, & quels ſont les différens degrés d'union qu'il contracte avec ce dernier. Ce ne ſera que d'après une ſuite de travaux de cette eſpece, comme l'obſerve très-bien M. *Macquer*, que nous pourrons établir quelque choſe de certain ſur le problême de la tranſmutation.

(§. 16.) NOTE 6. *Les cryſtalliſations d'un même ſel.*

Idée générale de la cryſtalliſation.

On entend en général par *cryſtalliſation*, une opération par laquelle les parties intégrantes d'un corps, ſéparées les unes des autres par l'interpoſition d'un fluide, ſont déterminées à ſe joindre & à former des maſſes ſolides, d'une figure réguliere & conſtante. Nous ne conſidérerons cette opération que par rapport à des maſſes ſalines. La forme réguliere & ſymmétrique que leurs parties affectent dans leur réunion, dépend non-ſeulement de la force attractive qui les maîtriſe, mais encore d'une diſpoſition particuliere à chacune de ces parties. Cette diſpoſition, dont la cauſe n'eſt pas encore bien connue, eſt une eſpece de *polarité*, ſi on peut s'exprimer ainſi, qui les rend propres à s'attacher & à ſe réunir plus puiſſamment par certains points que par d'autres, lorſqu'il ne ſe trouve point d'obſtacle qui s'oppoſe trop fortement à cet effet.

Si nous ne connoiſſons point encore la cauſe de ce dernier phénomene, dont l'exiſtence eſt atteſtée par tous les Chymiſtes, nous ſavons au moins que le principal obſtacle à ſa production, vient communément d'un mouvement irrégulier,

imprimé aux molécules ſalines, par la trop grande activité de la matiere ignée, lorſqu'elle pénetre trop abondamment le liquide, dans lequel les parties ſalines flottent & ſont en diſſolution. Trop de promptitude dans le refroidiſſement d'une liqueur qui contient des parties ſalines à cryſtalliſer, dérange également & nuit à la perfection de leurs cryſtalliſations. Auſſi le Chymiſte inſtruit a-t-il grand ſoin, lorſqu'il veut obtenir une cryſtalliſation parfaite, de ne point hâter l'évaporation de la liqueur, ou de ne point trop précipiter ſon refroidiſſement, ſuivant que cette cryſtalliſation doit ſe faire, ou par voie d'évaporation, ou par voie de refroidiſſement; & c'eſt tout ce qui lui eſt important de connoître, pour la perfection de ſon opération.

Méchaniſme de la cryſtalliſation d'un ſel par évaporation.

On conçoit facilement que les parties intégrantes d'un ſel, étant ſéparées les unes des autres, par l'interpoſition d'un fluide qui les tient en diſſolution, ſi les parties de ce liquide viennent à s'évaporer, les parties ſalines, douées d'une trop grande fixité, pour céder à la force qui volatiliſe le liquide, ſeront ſéparées de ce dernier. Peu ou même nullement maîtriſées par la force attractive des autres molécules du liquide, parce que celles-ci ſont elles-mêmes ſaturées de ſel, elles ne pourront obéir qu'à la force attractive particuliere qui tend à leur réunion. Elles ſe raſſembleront donc à la ſurface du liquide; elles s'y rapprocheront, & elles s'y uniront par certains côtés particuliers, qui ont plus de tendance, plus d'affinité pour ſe réunir, & elles formeront alors de petites maſſes, parfaitement régulieres dans leurs figures.

Ces petites masses entassées sur la surface de l'eau, sous la forme d'une pellicule, deviennent à la fin spécifiquement plus pesantes que l'eau qui les soutenoit. Elles se précipitent donc alors au fond du vaisseau, & elles y tombent avec une vîtesse proportionnée à l'excès de leur pesanteur. De nouvelles masses continuent à se joindre à ces premieres, tant que l'évaporation du liquide a lieu. Elles se réunissent encore par leurs faces les plus analogues, & elles forment, au fond du vaisseau, de plus grandes masses, également régulieres dans leurs figures.

On conçoit facilement, d'après ce méchanisme, que si l'évaporation de l'eau se faisoit brusquement, si la matiere ignée, devenant trop abondante, agitoit plus fortement les molécules du liquide, & les parties salines en même-temps, ces dernieres seroient alors obligées de se réunir indistinctement par les points qui se trouveroient en contact, & alors les petites masses solides, résultantes de cette opération trop précipitée, en seroient proportionnellement moins régulieres dans leurs figures.

Rôle de la cristallisation.

Outre la tendance réciproque qui se décele entre les parties intégrantes des substances salines, celles-ci en exercent encore une particuliere contre les molécules de l'eau qui les tient en dissolution. Cette derniere, bien moins forte, à la vérité, que la précédente, obtient néanmoins son effet d'une maniere plus ou moins sensible. D'où il suit que les parties salines ne se dégagent pas totalement, par leur rapprochement, de la masse d'eau dans laquelle elles flottent. Elles entraînent avec elles une quantité plus ou moins

abondante de cette eau, & elles la retiennent ſous la forme concrete qu'elles affectent. Cette portion d'eau ne fait donc plus qu'un même tout, une même maſſe ſolide avec les parties ſalines qui la contiennent; & c'eſt cette portion d'eau que les Chymiſtes appellent *eau de cryſtalliſation*. Elle eſt plus abondante dans certains ſels que dans d'autres.

Un ſel cryſtalliſé eſt donc un véritable compoſé de ſel & d'eau; mais ce dernier principe étant ſurabondant à l'eſſence du ſel, on parvient aſſez facilement à le diſſiper par l'évaporation, ſans que la nature du ſel en ſoit altérée. Cette diſſipation n'attaque que la forme extérieure de la cryſtalliſation; elle perd par-là ſa conſiſtance & ſa tranſparence, deux qualités qu'on peut cependant lui rendre enſuite par une nouvelle cryſtalliſation. Dans ce cas, on remarque que les cryſtaux ont repris & retiennent encore la même quantité d'eau, dont ils étoient précédemment chargés: d'où il ſuit qu'on ne peut, par aucun moyen connu juſqu'à préſent, obtenir une cryſtalliſation, qu'elle ne contienne une certaine quantité d'eau, & conſéquemment que ſi cette eau ne peut être regardée comme principe du ſel, elle l'eſt néanmoins du ſel cryſtalliſé.

Il faut encore remarquer ici que la cryſtalliſation d'un ſel ne peut avoir lieu, qu'autant que l'eau qui le tiendra en diſſolution, en ſera pleinement ſaturée. Au défaut de cette condition, les molécules de ſel ſéparées des parties aqueuſes, à proportion que ces dernieres s'évaporeroient, ſeroient alors ſuffiſamment attirées par celles qui reſteroient dans le vaiſſeau; puiſque

Condition néceſſaire à la cryſtalliſation.

dans la ſuppoſition actuelle, ces dernieres n'étant point ſaturées, conſerveroient encore aſſez de force attractive, pour maîtriſer les parties ſalines, pour les abſorber, & ſe combiner avec elles.

L'évaporation du liquide n'eſt pas le ſeul moyen qu'on puiſſe employer pour obtenir des cryſtalliſations ſalines. Quantité de ſels ſe diſſolvent plus facilement & plus abondamment dans l'eau chaude, que dans l'eau froide, & ils s'y diſſolvent d'autant plus abondamment, qu'elle eſt plus chaude.

Cryſtalliſations par refroidiſſement.

D'où il ſuit que, ſi on fait diſſoudre un ſel de cette eſpece dans de l'eau bouillante, elle en diſſoudra la plus grande quantité poſſible; quantité qu'elle ne pourra cependant tenir en diſſolution, qu'autant qu'elle conſervera le même degré de chaleur. A proportion donc que cette eau ſe refroidira, les parties ſalines qui n'étoient retenues dans ce menſtrue, qu'à raiſon du degré de chaleur qu'on lui avoit communiqué, ſe rapprocheront néceſſairement les unes des autres, & obéiſſant alors à l'effort de leur attraction, elles ſe cryſtalliſeront, & elles ſe précipiteront au fond du vaiſſeau. Il ne reſtera donc enſuite dans la maſſe du liquide que la quantité de ſel qu'elle peut diſſoudre, & qu'elle peut tenir en diſſolution, à la température dont elle jouira alors.

De même qu'une évaporation trop prompte nuit à la perfection de la cryſtalliſation; de même un refroidiſſement trop prompt nuit à la perfection des cryſtaux qui s'engendrent par refroidiſſement. Les parties ſalines n'ayant pas également le temps de ſe raſſembler avec or-

dre, les cryſtaux ſont moins réguliers, moins beaux & beaucoup plus petits que ceux qu'on eût obtenus, ſi le refroidiſſement de l'eau ne ſe fût operé que par degré, & avec plus de temps.

NOTE 7. *Ceux du ſel de nitre, ou du ſalpêtre.* (§. 36.)

Du nitre ou ſalpêtre.

Ce ſel eſt d'un uſage trop fréquent en Phyſique, & dans les beſoins ordinaires de la vie, pour laiſſer ignorer au Phyſicien ſa nature, ſes eſpeces & les préparations qu'on lui fait ſubir.

Le *nitre*, autrement dit le *ſalpêtre*, eſt un ſel neutre, compoſé de l'acide nitreux, combiné juſqu'au point de ſaturation avec l'alkali fixe végétal. (*Voyez la note 2 de la 1 ſection.*) Il ſe trouve tout formé & cryſtalliſé dans quelques endroits de l'Inde. On l'enleve de deſſus les terres, ou de deſſus les pierres avec des eſpeces de houſſoirs, & on le nomme, à cauſe de cela, *nitre, ou ſalpêtre de houſſage.* Il ſe trouve encore nombre de plantes qui en fourniſſent une aſſez grande quantité; mais il s'en faut de beaucoup que ce nitre fabriqué par la nature, puiſſe ſuffir à nos beſoins, & à la multitude d'uſages auxquels on l'emploie. La plus grande partie de celui qu'on trouve dans le commerce, doit être regardée comme un produit de l'art, qui ne met à la vérité que la derniere main à une opération commencée par la nature.

Salpêtre de houſſage.

Endroits qui fourniſſent le nitre, & en quel état on l'y trouve.

On le trouve communément dans les lieux bas & humides, tels que les caves, les cuiſines, les étables, les écuries, les latrines, & généralement dans toutes les habitations des hommes & des animaux. Les décombres & les platras des vieux

bâtimens en fourniſſent beaucoup, mais il eſt bien éloigné alors du degré de perfection qu'il doit avoir. Ce n'eſt autre choſe que l'acide nitreux combiné avec une terre, ou un ſel de nitre à baſe terreuſe, peu ſuſceptible de cryſtalliſation & de détonnation, & conſéquemment peu propre à produire les effets qu'on en attend. Ce ſel eſt, outre cela, combiné avec d'autres ſubſtances étrangeres, ſur-tout avec du ſel commun que les matieres animales & végétales lui fourniſſent. Ces matieres alterent plus ou moins ſa pureté, & il eſt important de l'en dépouiller, pour faire un véritable ſel de nitre à baſe d'alkali fixe.

Fabrication du nitre.

Pour cet effet, on concaſſe les platras chargés de ſel, & on les mêle avec égale quantité, ou à peu près, de cendres de bois : on mêle le tout dans des tonneaux rangés ſur une même ligne, & ſoutenus dans une ſituation verticale, à près de deux pieds de hauteur au-deſſus du pavé. Le fond de chacun de ces tonneaux eſt percé d'un trou, bouché en partie avec des pailles, ſelon la méthode des Blanchiſſeuſes. On verſe de l'eau dans le premier tonneau. Cette eau ſe charge des parties ſalines qu'elle entraîne avec elle, & s'écoule dans un bacquet placé au-deſſous de ce tonneau. On verſe ſucceſſivement cette même eau ſur les autres, & elle ſe ſature de plus en plus des parties ſalines qu'elle rencontre.

On tranſporte cette leſſive dans de grandes chaudieres de cuivre, dans leſquelles on la fait bouillir & évaporer, pour cryſtalliſer les matieres ſalines dont elle eſt impregnée. Cette évaporation provoque ſpécialement celle du ſel marin qui ne ſe cryſtalliſe bien que par cette voie. Il ſe dépoſe

au fond des chaudieres, & c'eſt ce que les Salpêtriers appellent le *grain*. Ils ont ſoin de le recueillir avec de grandes cuilliers, & ils le mettent égoutter dans un panier ſuſpendu pour cela au-deſſus de la chaudiere. Ils continuent cette évaporation, en emportant toujours le grain, à meſure qu'il ſe forme.

Quoique le nitre ne ſe cryſtalliſe parfaitement que par refroidiſſement, il s'en cryſtalliſe toujours une certaine quantité avec le ſel marin. Lorſque cette opération eſt conduite à un certain point, & que la leſſive eſt débarraſſée du ſel marin, dont on peut la dépouiller, on provoque la cryſtalliſation du nitre par voie de refroidiſſement. Pour cela, on verſe le reſte de la leſſive dans de grandes baſſines de cuivre, & on les porte dans un endroit frais, deſtiné à cette opération.

Le refroidiſſement s'y opere en aſſez peu de temps. Le nitre ſe précipite en maſſes informes, compoſées néanmoins d'un nombre prodigieux de petites aiguilles, & aſſez analogues à la cryſtalliſation du nitre pur. On remarque même aſſez ſouvent ſur la ſurface de ces maſſes, de gros cryſtaux de nitre fort réguliers, que les Salpêtriers appellent *nitre en baguettes*. Nitre en baguettes.

Il reſte encore dans la liqueur, du nitre qui ne ſe cryſtalliſe point, par cette premiere opération. On la fait évaporer de nouveau, pour la faire refroidir enſuite, & on obtient encore du nitre. On réitere cette manœuvre, juſqu'à ce que la liqueur ceſſe de fournir de nouveaux cryſtaux par ſon refroidiſſement. Elle devient alors rouſſe & âcre; c'eſt ce qu'on appelle *eau-mere du nitre*. Eau-mere du nitre. On la jette ſur des platras déja

épuiſés par la leſſive, & on les traite, après un certain temps, comme s'ils étoient neufs.

Nitre de la premiere cuite.

Le nitre qu'on obtient, par les opérations précédentes, eſt roux & contient une certaine quantité de ſel marin qu'il entraîne avec lui. Il eſt donc encore impur, & même altéré par quelques parties terreuſes, dont il faut le débarraſſer autant qu'il eſt poſſible.

Pour cet effet, on le fait fondre dans une quantité d'eau ſuffiſante, & on procede à une ſeconde cryſtalliſation par refroidiſſement. On conçoit parfaitement que la proportion du nitre, par rapport au ſel commun, & aux autres ſels à baſe terreuſe, eſt incomparablement plus grande que dans la premiere opération. Il eſt donc alors plus pur, plus blanc, & c'eſt ce qu'on appelle *nitre de la ſeconde cuite.*

Nitre de la ſeconde cuite.

Si on veut l'avoir encore plus pur, on réitere une troiſieme fois l'opération, & on obtient alors du nitre d'une très-grande blancheur, & de la plus grande pureté. Les Chymiſtes le purifient une quatrieme fois, pour lui donner le degré de pureté néceſſaire à certaines opérations, qui ſeroient incertaines ſans cette précaution.

Caracteres du nitre.

Ce ſel excite une ſaveur ſalée & fraîche, qui laiſſe un arriere-goût déſagréable. Il ſe diſſout aſſez facilement dans l'eau, mais beaucoup plus facilement dans l'eau bouillante, que dans la froide. De-là cette faculté de ſe cryſtalliſer beaucoup mieux par refroidiſſement que par évaporation : c'eſt auſſi ce qui fait la baſe de l'opération que nous venons de décrire.

Ce ſel eſt extrêmement fuſible. Il ſe liquifie à une chaleur fort inférieure à celle qu'on eſt

obligé d'employer pour le faire rougir, & il reſte aſſez tranquille, lorſqu'il eſt fondu. Si on le laiſſe refroidir enſuite, il ſe fige en une maſſe ſolide, ſonnante, demi-tranſparente, qu'on trouve dans le commerce, ſous le nom de *cryſtal minéral.*

Cryſtal minéral.

NOTE 8. *Qui nous viennent des objets extérieurs.* (§. 37.)

L'homme qu'on peut regarder, à juſte titre, comme la plus parfaite des créatures, paroît avoir épuiſé toutes les complaiſances du Créateur. Tout ce qui l'environne répond à ſes beſoins, ou ſert à multiplier ſes plaiſirs. Doué d'une faculté intellective, qui le rend propre à ſaiſir & à connoître tous les avantages qu'il peut attendre des autres êtres, il tient à tous, par l'organiſation particuliere de ſes ſens. Il reçoit, par leur moyen, certaines impreſſions qui l'avertiſſent continuellement de ce qu'il doit eſpérer, ou de ce qu'il doit craindre des corps qui ſont à ſa portée. Des nerfs.

Cette diſpoſition ſalutaire dans ſes organes, ſuite néceſſaire des loix impénétrables de l'union de l'ame avec le corps, dépend, en grande partie, de la conſtitution des nerfs & de leur diſpoſition harmonieuſe dans toute l'habitude du corps. Qu'eſt-ce donc que les nerfs ? D'où tirent-ils leur origine ? Comment ſont-ils propres aux effets qu'ils produiſent ? Ce ſont autant de queſtions également importantes & curieuſes, que nous allons traiter en peu de mots.

Pour ſe former une juſte idée de la ſtructure & de l'origine des nerfs, il eſt indiſpenſablement

nécessaire de connoître, en général, la conformation du cerveau : c'est un des principaux visceres du corps de l'homme.

Du cerveau. Le *cerveau* est une substance inégalement arrondie, assez molle, & renfermée dans une boëte osseuse, qui la met à l'abri des impressions dangereuses qu'elle pourroit recevoir des corps extérieurs. Elle est enveloppée de deux membranes, connues sous le nom de *meninges*, dont la plus extérieure, celle qui tapisse la boëte osseuse, qu'on appelle le crâne, est nommée la *dure-mere*, & l'intérieure *pie-mere*. La premiere forme différens replis, différentes productions que nous ferons connoître dans le cours de cette description. Quant à la nature de ces membranes, à leurs propriétés, & sur tout à leur sensibilité, on peut consulter nos *Leçons sur l'économie animale*, où nous avons traité cette question avec toute l'étendue qu'elle mérite.

La masse du cerveau est remplie d'un très-grand nombre d'anfractuosités, qui imitent assez bien les circonvolutions des intestins. Elle est divisée longitudinalement en deux parties égales, qu'on nomme, en général, les hémisphères du cerveau. Ces parties sont séparées l'une de l'autre par une production de la dure-mere, qu'on appelle la *faulx*, eu égard à sa figure, & dont le principal usage est d'empêcher que l'un des hémisphères du cerveau ne s'appuie sur l'autre, & ne gêne les fonctions de celui de dessous, lorsqu'on est couché sur le côté.

Chaque hémisphere se distribue en trois parties, connues sous le nom de *lobes du cerveau*, dont la masse totale est composée de deux substances ;

tances; l'une extérieure, appellée *corticale*, ou *cendrée*, par rapport à sa couleur grise; & l'autre *médullaire*, parce qu'elle est extrêmement blanche & très-molle.

Si on écarte modérément les deux hémisphères du cerveau, on remarque au fond un corps blanc, appellé *corps calleux*. Si on enleve les hémisphères jusqu'à cet endroit, en coupant horisontalement la masse du cerveau, la surface qui restera à découvert, présentera ce qu'on appelle le *centre oval*.

Une incision faite supérieurement & de chaque côté sur le corps calleux, ouvrira deux cavités, appellées les *ventricules antérieurs du cerveau*. Ils ressemblent assez bien à deux croissans, posés verticalement au milieu de ce viscere. Ils sont séparés par une cloison médullaire transparente, connue sous le nom de *septum lucidum*. Cette cloison est flottante vers sa partie inférieure, & permet une communication entre les deux ventricules.

Le corps calleux se termine antérieurement par deux jambes très-proches l'une de l'autre, & en arriere par deux autres qui ressemblent à des cornes de bélier, & qu'on appelle *cornes d'ammon*. L'espace que ces jambes laissent entre elles, se nomme la *voûte à trois piliers*. On y voit le *plexus choroïde*, composé d'un nombre prodigieux de petits vaisseaux sanguins & lymphatiques. Ce plexus étant enlevé, on découvre quatre grosses éminences. Les deux plus antérieures sont appellées *les corps cannelés*, parce qu'ils sont composés de substances corticale & médullaire, disposées en forme de cannelures.

Les deux éminences poſtérieures ſont nommées les *couches des nerfs optiques*. Elles ſe touchent de façon qu'elles forment antérieurement un trou connu ſous le nom de *vulva*, & un autre poſtérieurement nommé *anus*. En écartant ces deux éminences, les deux trous diſparoiſſent, & on apperçoit au fond le *troiſieme ventricule*.

On trouve derriere ce ventricule un corps glanduleux, dont la forme approche de celle d'un cône. C'eſt cette éminence célébrée ſous le nom de *glande pinéale*, dans laquelle *Deſcartes* établiſſoit le ſiege de l'ame. Elle eſt attachée par ſa baſe, à l'aide de deux ligamens blancs, & elle eſt placée ſur quatre éminences que *Winſlow* appelle *tubercules quadrijumeaux*, plus particuliérement connus ſous les noms de *nates* & *teſtes*, eu égard à leur figure.

On voit antérieurement dans le troiſieme ventricule, une ouverture nommée *infundibulum*, deſtinée à porter les ſérosités de ce ventricule dans la *glande pituitaire*, dont nous parlerons plus bas, & poſtérieurement l'*aqueduc de Sylvius*, qui s'ouvre dans le quatrieme ventricule.

Du cervelet. Si on enleve la maſſe du cerveau, on trouve deſſous le *cervelet*. Il en eſt ſéparé par une production de la dure-mere, qu'on appelle la *tente*. Sa ſurface eſt couverte d'un lacis de vaiſſeaux. On y diſtingue pareillement deux ſubſtances; l'extérieure cendrée, & l'intérieure médullaire. Elles forment, par leur diſpoſition, une eſpece de ramification, qu'on découvre en coupant le cervelet perpendiculairement à ſa baſe. C'eſt cette ramification qu'on connoît ſous le nom d'*arbre de vie*, ou d'*arbre de Diane*. Le tronc

de cet arbre, appellé les *pédoncules du cervelet*, semble produire trois paires d'éminences, qui naissent du développement de ses fibres.

On découvre aussi, à l'ouverture du cervelet, le *quatrieme ventricule*, dont l'extrémité est appellée *calamus scriptorius*, eu égard à sa figure. Cette ouverture est couverte antérieurement d'une expansion médullaire, nommée la *valvule de Vieussens*. On remarque au-dessous l'ouverture postérieure de l'aqueduc de Sylvius. C'est ce canal qui établit une communication entre le quatrieme & le troisieme ventricule. Ce dernier communique encore avec les deux antérieurs du cerveau, & ils se déchargent tous, par le moyen du troisieme, dans la *glande pituitaire*.

Le cerveau & le cervelet étant emportés, il se présente une troisieme substance qu'on appelle *la moëlle allongée*. Celle-ci communique avec les deux précedentes, par quatre gros paquets de fibres blanches, qui semblent résulter de la réunion de toutes celles qui entrent dans la composition du cerveau & du cervelet. De la moëlle allongée.

On considere le long de la partie inférieure de la moëlle allongée, cinq éminences, dont la plus considérable s'appelle *annulaire*, & plus communément le *pont de varolles*. La seconde & la troisieme sont nommées *pyramidales*, & les deux dernieres *olivaires*.

La moëlle allongée sort du crâne par le grand trou occipital, creusé à la partie inférieure d'un os du même nom. Elle descend le long du canal vertébrale, creusé selon toute la longueur de l'épine, & on la nomme *moëlle de l'épine*. De la moëlle de l'épine.

Lorsqu'on enleve toute la masse du cerveau

avec précaution, on remarque une glande qui se présente sous la forme d'un petit pois : c'est celle que nous avons déja nommée *glande pituitaire.* Sa substance est spongieuse. Elle est située dans une cavité de l'os sphénoïde, qui fait la base du crâne, & cette cavité est connue sous le nom de *selle du Turc.* Cette légere description peut suffire au Physicien pour suivre facilement l'origine des nerfs dont nous parlerons dans l'instant.

Glande pituitaire.

Les nerfs sont autant de cordons formés de l'assemblage plus ou moins multiplié de plusieurs filets qui partent de la moëlle allongée & de celle de l'épine. La dure & la pie-mere fournissent chacune une enveloppe, non-seulement à ces cordons, mais encore aux filets qui les composent, & ils se dépouillent de celle qui leur vient de la dure-mere, à leur entrée dans les organes du mouvement, ou dans ceux du sentiment auxquels ils se distribuent.

De la structure des nerfs.

On a disputé long-temps sur la cavité des nerfs. Plusieurs ont cru que les filets nerveux étoient parfaitement solides. L'expérience & l'observation ont enfin attesté le contraire, & ont fait voir que les nerfs sont creux dans leur longueur. M. *Lecat* assure même (1) en avoir observé dont la cavité avoit une ligne de diametre, dans lesquels il avoit fait des injections, & introduit des syphons. On doit donc également croire que les filets nerveux, qui se dérobent à la foiblesse de notre vue, aidée même des meil-

(1) Lecat, Traité de l'exist. de la nat. & des propr. du fluide des nerfs.

leurs microscopes, ne sont point dépourvus de cavités.

On divise les nerfs en deux classes. On range dans la premiere ceux qui tirent leur origine de la moëlle allongée, & on met dans la seconde ceux qui viennent de la moëlle de l'épine. On compte dix paires de la premiere, & trente de la seconde classe. Pour bien observer ceux qui viennent de la moëlle allongée, il faut renverser le cerveau d'avant en arriere, & le lever de dessus la base du crâne. De leurs divisions.

On observera alors la premiere paire, connue sous le nom de *nerfs olfactifs*. Ils viennent de la partie antérieure des corps cannelés, & ils vont se distribuer à la membrane *pituitaire* qui tapisse tout l'intérieur du nez. De leur origine.

La seconde paire, appellée *nerfs optiques*, tire son origine des couches des nerfs optiques, & vient se perdre dans l'œil. Ces nerfs forment, par leur épanouissement, une membrane connue sous le nom de *rétine*, & qu'on regarde comme l'organe immédiat de la vue, dont nous parlerons ailleurs.

La troisieme paire, qu'on appelle *moteurs des yeux*, naît de la partie antérieure de *l'éminence annulaire*, & va se perdre aux muscles des yeux & des paupieres.

La quatrieme paire, nommée *pathétiques*, sort de la partie postérieure des *tubercules quadrijumeaux* antérieurs, & va se distribuer dans le muscle, grand oblique de l'œil.

La cinquieme paire vient antérieurement de la moëlle allongée, se distribuer encore à l'œil, ainsi qu'à la mâchoire supérieure & inférieure.

Elle ſe ſépare, pour cela, en trois branches, qu'on appelle *ophtalmique*, *maxillaire ſupérieure*, & *maxillaire inférieure*.

La ſixieme paire ſort de *l'éminence annulaire*, & va ſe perdre dans un des muſcles de l'œil, connu ſous le nom d'*abducteur*.

La ſeptieme, communément appellée *auditive*, prend ſon origine aux parties latérales de *l'éminence annulaire*. Cette paire ſe diviſe en deux portions; l'une molle, nommée *acouſtique*, qui ſe diſtribue aux parties intérieures de l'oreille; & l'autre dure, qui ſe jette ſur les parties extérieures du même organe, & ſur la face.

La huitieme paire ſe nomme *paire vague*. Elle tire ſon origine de pluſieurs filets, qui viennent des *éminences olivaires*, & elle va ſe diſtribuer au larynx, dans la poitrine, & dans le bas-ventre, où elle communique avec pluſieurs autres nerfs.

La neuvieme, appellée *nerfs hypogloſſes*, ou *guſtatifs*, vient des éminences *pyramidales* & *olivaires*. Elle ſe diſtribue principalement à la langue.

La dixieme paire ſort de la partie poſtérieure des *éminences olivaires*, & elle ſe perd dans les petits muſcles droits de la tête.

Nerfs vertébraux. La moëlle de l'épine donne naiſſance à trente paires de nerfs, qu'on nomme *vertébraux*. On remarque ſpécialement à la ſortie de ces nerfs, une petite tumeur, de figure olivaire, qui les entoure, & qu'on nomme *ganglion*, dont la nature & les uſages ne ſont point encore bien connus.

Les nerfs vertébraux se distribuent principalement aux parties extérieures du tronc, & aux extrémités. On les divise en *cervicaux*, *dorsaux*, *lombaires* & *sacrés*.

On en compte sept paires de la premiere classe. Ils se portent sur-tout aux muscles de la tête, & ils jettent quelques rameaux aux muscles des bras & des omoplates.

Les nerfs dorsaux forment douze paires de nerfs qui se divisent, à leur sortie, en deux branches, dont l'une se distribue par devant, & l'autre par derriere aux muscles intercostaux internes & externes. Celle de derriere se perd dans les muscles des vertebres, & dans ceux du dos.

Les lombaires sont au nombre de cinq paires. Beaucoup plus gros chacun que les précédens, ils se divisent également en deux branches, dont l'une se porte antérieurement, & l'autre postérieurement aux muscles des lombes, du bas-ventre, & des cuisses.

On compte cinq paires de nerfs sacrés. Ce sont ceux qui sortent par les trous de l'os sacrum. Les quatre premieres paires de ces nerfs concourent, avec la cinquieme des lombaires, à former le plus considérable des nerfs, qu'on appelle *nerf sciatique*, ainsi nommé, parce qu'il sort par l'échancrure de ce nom qui se trouve au bassin. Ce nerf se porte tout le long de la partie antérieure de la cuisse, en fournissant des filets à tous les muscles qu'il rencontre. Il prend vers le jarret le nom de *nerf poplité*: il s'y divise en deux troncs, qu'on connoît sous les noms de *nerf tibial*, & de *nerf peronier*. Ceux-ci se distribuent aux muscles des jambes.

Outre les nerfs dont nous venons de parler, on en remarque un très-conſidérable qu'on appelle *le grand nerf ſympathique*, ou plus ordinairement *le nerf intercoſtal*. Une partie de ce nerf tire ſon origine de la moëlle des vertebres du col. Cette partie remonte dans la tête, pour s'y joindre à des filets nerveux, qui viennent de la moëlle allongée. Il forme enſuite un tronc qui deſcend latéralement le long du corps des vertebres, & qui jette un très-grand nombre de rameaux dans la poitrine & dans le bas-ventre. Ces rameaux, ainſi que ceux de la huitieme paire, forment pluſieurs entrelacemens, qui prennent différens noms, ſoit par rapport à leur figure, ſoit par rapport aux viſceres auprès deſquels ils ſe trouvent. On donne à ces entrelacemens le nom général de *plexus*, & on en remarque une très-grande quantité. Tels ſont les *plexus ſémilunaire*, *cardiaque*, *pulmonaire*, *hépatique*, &c. dont nous abandonnons le détail & la deſcription aux Anatomiſtes. Il ſuffit au Phyſicien de connoître cette diſtribution générale.

Uſage des nerfs.

On regarde les nerfs comme les miniſtres de l'ame. Ils ſont deſtinés à porter ſon action dans toutes les parties du corps, & à lui rapporter les mouvemens qui s'y paſſent. Leur miniſtere s'étend encore plus loin. Suſceptibles d'être ébranlés par les objets extérieurs, ils en tranſportent l'ébranlement juſqu'au cerveau, & l'ame, avertie par cette impreſſion, éprouve une ſenſation analogue, qui lui fait connoître ce qui ſe paſſe au-dehors. Mais par quel méchaniſme s'exécutent ces fonctions ? C'eſt ici qu'il convient de reconnoître les limites de l'eſprit hu-

main, & d'admirer l'intelligence infinie qui sut si bien allier deux puissances aussi disparates, les subordonner l'une à l'autre, & établir entre elles des loix impénétrables.

S'il n'est pas possible à l'homme de découvrir les loix de l'union entre l'ame & le corps; s'il ne peut expliquer de quelle maniere l'ame exerce immédiatement son empire sur le corps qu'elle anime, ni comment ce dernier fait sentir à l'ame les modifications qu'il éprouve; on peut, à l'aide des principes de la Méchanique, & avec les secours de l'Anatomie, expliquer convenablement de quelle maniere les nerfs transportent jusqu'au cerveau les impressions qui les ébranlent. On peut réduire à deux opinions principales toutes celles qui partagent encore aujourd'hui les plus célebres Physiologistes. Dans l'une, on regarde les nerfs comme des cordes d'instrumens, susceptibles de vibrations. Les impressions qu'ils éprouvent de la part des objets extérieurs, portent, dit-on, jusqu'au cerveau les vibrations qu'elles excitent, & les sensations qui en résultent, ne sont qu'un effet proportionné & correspondant à l'espece de vibration produite sur la partie affectée. De l'action des nerfs.

Dans la seconde opinion, on prétend qu'il se sépare dans le cerveau un fluide particulier qui coule dans les nerfs, & que c'est par le ministere de ce fluide, que ces nerfs transmettent jusqu'au cerveau les ébranlemens qui les affectent.

Quoique la premiere de ces deux opinions ait eu la plus grande vogue parmi les plus célebres Physiologistes, sa fausseté se saisit facilement au premier examen.

Les nerfs ne ſont point des cordes d'inſtrumens.

Pour qu'on pût, en effet, regarder les nerfs comme des cordes d'inſtrumens, il faudroit au moins qu'ils fuſſent pourvus d'un certain degré de tenſion. Or, l'Anatomie nous fait voir qu'ils ſont très lâches dans preſque toute l'habitude du corps. Ajoutez encore ici, qu'il eſt des cas où la ſituation du corps augmente ce relâchement, ſans faire perdre aux nerfs relâchés la faculté de produire leur action, & de la tranſmettre juſqu'au cerveau. Suppoſons toutefois que le relâchement naturel qu'on y découvre, laiſſe aux nerfs le degré de tenſion qui leur eſt propre, pour recevoir des vibrations ſuffiſantes. Dans cette ſuppoſition, fort gratuite d'ailleurs, il ne ſera jamais poſſible de rendre raiſon des phénomenes que nous obſervons habituellement.

Il eſt conſtant, en effet, que ſi les impreſſions des objets extérieurs, étoient portées au cerveau par les vibrations des nerfs, l'ame tranſporteroit de la même maniere, ſon action dans toutes les parties du corps. Or, il ſeroit abſolument impoſſible qu'elle agitât un filet nerveux, ſans en agiter une infinité; ce qui troubleroit néceſſairement la ſimplicité des mouvemens qu'elle auroit deſſein de produire.

Il y a plus, l'expérience nous apprend que les cordes d'un inſtrument, d'un violon, par exemple, ne reçoivent plus l'impreſſion de l'archet, ſi on les preſſe ſelon toute l'étendue de leurs ſurfaces. Or, les nerfs ſont preſſés de tous côtés: comment pourroient-ils donc être ſuſceptibles de vibrations?

Il eſt donc plus naturel, & en même-temps plus conforme à l'obſervation & aux loix de

l'économie animale, de faire dépendre l'action des nerfs d'un fluide qui circule dans les canaux qu'on y découvre. Mais quelle eſt la nature de ce fluide? Quelles ſont les loix qu'il ſuit dans ſa circulation? C'eſt encore, j'en conviens, une difficulté qui n'eſt pas peu difficile à réſoudre.

Hypothèſe des eſprits animaux.

Ce fluide, connu de tout temps ſous le nom d'*eſprits animaux*, fit naître une multitude d'hypothèſes, dont l'expoſition deviendroit trop longue & inutile à l'objet que nous nous propoſons. Qu'il ſuffiſe de ſavoir que les uns voulurent que ce fluide fût la partie la plus ſubtile du ſang, ſéparée dans les vaiſſeaux ſecrétoires du cerveau. D'autres prétendirent que ce fluide étoit une liqueur éthérée fort élaſtique. Quelques-uns crurent qu'il n'étoit point différent de la matiere de la lumiere. Les phénomenes ſinguliers de l'électricité, & le grand rôle que la matiere électrique paroît jouer dans la Nature, engagerent pluſieurs célebres Phyſiologiſtes à confondre le fluide nerveux avec la matiere électrique; & ce ne ſont point encore les opinions les plus haſardées & les plus ſingulieres auxquelles les eſprits animaux donnerent naiſſance.

Sans prendre aucun parti dans cette diſpute, nous nous bornerons à démontrer la néceſſité d'admettre un fluide ſubtil, quelle que ſoit ſa nature, lequel circulant dans les cavités des nerfs, les rend propres à exercer les fonctions auxquelles ils ſont deſtinés.

On remarque, 1°. que ſi on lie quelques nerfs, ſuppoſons les diaphragmatiques, le mouvement ceſſe alors dans le diaphragme, & on ne peut plus le rétablir, & rendre à ce muſcle

l'action qu'il vient de perdre, qu'en preſſant ces nerfs depuis la ligature juſqu'au diaphragme.

2°. Quand on a preſſé, pendant quelque temps, ces nerfs, on ne peut plus exciter de nouveaux mouvemens dans le muſcle, ſans enlever, pour quelques momens, la ligature. D'où il ſuit qu'il circule dans les nerfs un fluide quelconque, qu'on doit regarder comme la cauſe de leur action.

S'il n'y avoit point, en effet, de fluide répandu dans la cavité des nerfs, & que ce fluide ne fût point deſtiné à les rendre propres à exécuter leurs fonctions, il eſt naturel de croire que les parties auxquelles ils aboutiroient, ne perdroient point leur mouvement après la ligature de ces nerfs. Une groſſe corde d'inſtrument, par exemple, ne devient point tout-à-fait incapable de vibrations, quand on la lie avec un fil fin & délié.

3°. On conçoit facilement que le mouvement ne peut ſe tranſmettre d'une partie à une autre, par le moyen d'une corde lâche, courbe, oblique, attachée à différens points, ſi on ne ſuppoſe un fluide qui coule ſelon ſa longueur. Or, nous avons obſervé que les nerfs ſont autant de cordes lâches, qui ſe répandent par des lignes obliques, formant différens contours, & qu'ils ſont attachés à pluſieurs points. Il faut donc, de toute néceſſité, que les mouvemens qu'ils tranſportent avec la plus grande rapidité, dans les parties les plus éloignées, ſoient produits par un fluide qui circule dans leurs cavités.

4°. Les convulſions qui ſurviennent dans certaines parties, ſont encore une preuve de cette

vérité. Qu'on pince tant qu'on voudra une corde d'instrument, on y excitera des vibrations; mais ces vibrations, soumises aux loix du mouvement, n'augmenteront point; elles diminueront, au contraire, d'amplitude, à proportion qu'elles se succéderont. Or, on remarque constamment le contraire dans les parties qui entrent en convulsions. Elles vont presque toujours en augmentant, jusqu'à ce qu'arrivées au plus haut degré auquel elles puissent monter, elles diminuent. Souvent on les voit s'arrêter brusquement, sans avoir passé par tous les degrés d'affoiblissement qu'on observe dans les vibrations d'une corde.

Tout nous porte donc à admettre la présence d'un fluide actif dans les cavités des nerfs, & à attribuer à ce fluide les fonctions que les filets nerveux exécutent dans l'économie animale. Nous conviendrons que les loix du mouvement, auxquelles ce fluide se trouve astreint, ne sont point faciles à saisir; qu'il est également difficile de rendre raison de son action, en ne considérant que les loix générales auxquelles les autres fluides sont ordinairement soumis.

On ne peut admettre, par exemple, une circulation rapide de ce fluide, malgré la vîtesse avec laquelle il paroît transmettre son action, jusques dans les parties les plus éloignées. On ne pourroit alors expliquer d'une maniere satisfaisante, la prompte cessation de cette action, sans avoir recours à un reflux de ce même fluide, & ce reflux entraîneroit avec lui des inconvéniens insurmontables; inconvéniens qui menaceroient l'économie animale de plusieurs dangers continuels & inévitables. Il paroît donc plus naturel

de penser que les nerfs sont continuellement remplis de ce fluide, qui les tient dans un certain degré de tension, qui ne s'oppose point à l'état de relâchement qui leur est naturel, & qu'en vertu des loix de l'union de l'ame avec le corps, cette premiere substance exerce un empire particulier sur le fluide nerveux, & lui imprime, au gré de ses désirs, un mouvement expansif, suffisant pour l'effet qu'il doit produire.

Quelque petit qu'on suppose ce mouvement, on conçoit aisément qu'il doit produire tous les effets nécessaires à l'action des muscles. En supposant, en effet, que les nerfs soient remplis de ce fluide, chacune de ses particules ne peut être déplacée de tout son diametre, que la fibre nerveuse, dans laquelle ce déplacement a lieu, ne devienne une fois plus grosse que dans son état naturel de relâchement; ce qui ne paroît jamais nécessaire.

La moindre action possible de l'ame sur le fluide nerveux, le moindre mouvement imaginable dans les molécules de ce fluide, peuvent donc suffire à toutes les opérations des nerfs, & sauve cette hypothèse de tous les inconvéniens qu'on avoit reprochés auparavant à l'influx des esprits animaux. Mais nous ne donnons cette explication que comme une hypothèse ingénieuse.

(§. 52.) Note 9. *Une once ou deux de mercure.*

Du mercure. Le *mercure*, autrement dit le *vif argent*, est un fluide que plusieurs regardent comme un demi-métal blanc & brillant. C'est après l'or & la platine, la plus pesante de toutes les substances métalliques. Sa fluidité n'est pas une propriété

qui lui ſoit tellement inhérente, qu'il ne puiſſe la perdre quelquefois. Tout le monde ſait actuellement qu'il ſe gele à un degré de froid exceſſif, & qu'il devient malléable dans cet état. Cette expérience, faite originairement par l'Académie de Pétersbourg, en 1759, fit trop de bruit dans le temps, pour la rappeller ici. Elle trouvera d'ailleurs mieux ſa place, lorſque nous parlerons du *thermometre*.

Si le mercure ſe congele à un très-grand froid, il ſe volatiliſe avec la plus grande facilité. On le trouve dans quantité de mines, & on l'y trouve ſous deux formes différentes, coulant, ou engagé dans des *gangues* de pluſieurs eſpeces. Nous ne nous permettrons aucune digreſſion ſur cette importante partie de l'Hiſtoire Naturelle, non plus que ſur la maniere de le reconnoître dans les mines, & d'exploiter ces dernieres. Nous obſerverons ſeulement que parmi les propriétés de ce fluide, il en eſt deux que le Phyſicien ne peut trop remarquer. Elles paroiſſent incompatibles au premier aſpect; ſon extrême *peſanteur*, & ſon extrême *volatilité*. Sa peſanteur ſpécifique, comparée à celle de l'eau, eſt dans le rapport de $13\frac{2}{3}$, à 1. Quelques-uns prétendent même qu'elle ſuit quelquefois le rapport de 14 à 1; ce qui ne paroît pas ſurprenant, lorſqu'on conſidere que ſa denſité augmente ſenſiblement de l'été à l'hiver. *Newman* nous apprend, en effet, qu'une phiole remplie de mercure, peſant, pendant l'été, 11 onces 6 grains, peſoit 24 grains de plus pendant l'hiver. Sa volatilité eſt telle, qu'il ſe réduit entiérement en vapeur, à quelques dégrés de

Mines de mercure.

chaleur au-dessus de celle de l'eau bouillante.

(§. 56.) NOTE 10. *Une dissolution de sel de Saturne.*

Sel de Saturne. *Le sel de Saturne* est un sel neutre, composé de l'acide du vinaigre, combiné jusqu'au point de saturation, avec le plomb. On le connoît encore sous le nom de *sucre de Saturne*, parce que sa saveur est douce & comme sucrée.

Le vinaigre ne s'unit point immédiatement avec le plomb, dans la génération du sel de Saturne, mais avec la *ceruse*, qui n'est autre chose que la rouille du plomb, excitée par l'évaporation du vinaigre. Les vapeurs de cet acide, attaquent la surface de ce métal, la corrodent, & la réduisent en une matiere d'un blanc mat, qu'on appelle *ceruse*. C'est cette espece de rouille qu'on fait digérer ensuite, sur un bain de sable, avec de bon vinaigre. Lorsque la digestion est parfaite, on fait évaporer le liquide, & on obtient alors des cristaux qui se déposent au fond du vase, & auxquels on donne le nom de *sel de Saturne*.

(§. 56.) NOTE 11. *Dissolution de chaux-vive & d'orpiment.*

De la chaux. L'opération qui réduit la pierre calcaire à l'état de chaux, est trop connue, pour nous occuper de la fabrique de cette substance. Mais la nature particuliere de cette pierre, & les phénomenes qu'elle nous fait observer, méritent l'attention du Physicien. Pour les développer comme il convient, nous observerons que les pierres calcaires qui servent de base à la chaux, sont composées d'une terre très-fine. Cette terre,

suivant

suivant l'opinion commune, est produite par la destruction des coquilles, & autres parties animales. Exposée à l'action d'un feu très-violent, cette pierre perd, à peu de choses près, la moitié de son poids, devient plus friable, & forme ce qu'on appelle la *pierre à chaux*, ou simplement la *chaux-vive* : celle-ci, exposée à l'air, tombe en efflorescence, & se convertit en une poudre légere, qu'on nomme *chaux éteinte à l'air*. Arrosée d'eau, elle se gonfle, elle se fend, & elle produit un bouillonnement manifeste, accompagné d'une chaleur assez considérable. Une quantité d'eau suffisante la réduit en une espece de pâte, qui se desseche avec le temps ; & se réduit en poudre. Cette pâte, étendue dans une large quantité d'eau, il se forme à la surface du liquide, une pellicule saline, & presque toute la terre se précipite au fond du vaisseau. Cette premiere pellicule enlevée, il s'en engendre une seconde, une troisieme, &c. Le précipité est dans un état de craie, qui ne ressemble aucunement à la chaux. Cette craie calcinée, redevient une véritable chaux-vive, & fournit encore une certaine quantité de cette crême saline dont nous venons de parler ; de sorte qu'il seroit possible, par des calcinations réitérées, de convertir totalement en crême une quantité donnée de pierre à chaux.

Cette crême saline, examinée séparément, paroît différer de la pierre à chaux, par sa dissolubilité dans l'eau, par la propriété qu'elle a de verdir le syrop de violettes, par la facilité avec laquelle elle décompose le sel ammoniac, enfin par l'action qu'elle a sur les huiles & sur l'esprit-

de-vin ; ce qui la rapproche singuliérement des alkalis fixes. Mais nous abandonnons aux Chymistes l'examen particulier de cette question. Nous ne voulions que donner une légere idée de la chaux, dont on fait assez fréquemment usage en Physique.

De l'orpiment.

L'orpiment dont on se sert dans l'expérience dont il est ici question, mérite également d'être connu. On en distingue de deux especes ; l'un *naturel* ; l'autre *artificiel*. L'un & l'autre sont deux substances composées, où des mêlanges différens du soufre & de l'arsenic. Les orpimens naturels viennent d'Orient, de Transilvanie, de Turquie. Les artificiels se fabriquent par-tout. Ils prennent différentes couleurs, suivant que le soufre domine plus ou moins dans leur composition. Ils sont d'un beau jaune, lorsque le soufre ne fait que $\frac{1}{10}$ de la masse totale du mêlange. Ils sont d'un assez beau rouge, lorsque le soufre en fait $\frac{1}{7}$. On préfere, pour l'expérience de l'encre de sympathie, l'orpiment qu'on trouve dans le commerce, dont la couleur approche davantage de la rouge. Veut-on connoître le procédé le plus simple pour faire cette préparation ? Le voici.

Dose pour faire l'encre de sympathie.

Prenez quatre onces de chaux-vive, que vous concasserez pour la faire entrer dans un matras : ajoutez-y deux onces d'orpiment en poudre : versez dessus, & à plusieurs repriſes, une chopine d'eau commune : bouchez exactement le matras : agitez-le plusieurs fois dans l'espace d'une demi-heure, & laissez le tout en digestion, sur un bain de sable, pendant quatre à cinq heures. Laissez ensuite refroidir le matras, & reposer la liqueur. Lorsqu'elle surnagera, dé-

cantez-la dans un flacon exactement bouché, & gardez-la pour l'usage indiqué.

NOTE 12. *On sait qu'une pierre de Bologne.* (§. 17.)

La pierre de Bologne acquiert, par la calcination, la propriété de luire dans les ténebres. Cette pierre doit son nom à une Ville d'Italie, nommée *Bologne*, auprès de laquelle on la trouve. Pierre de Bologne. Sa propriété.

On doit au hazard, dit M. *Lemery* (1), la découverte de sa vertu phosphorique. Un Cordonnier, nommé *Vincent Casciarolo*, ramassa de ces pierres au bas du *mont Paterno*. Trompé par leur couleur argentine, & par leur poids, il les fit calciner, dans le dessein d'en retirer de l'argent: mais il n'obtint autre chose de sa calcination, qu'une lumiere assez vive, qu'elles répandirent dans les ténebres. Quantité de Savans, instruits de cette découverte, s'appliquerent à déterminer la maniere la plus avantageuse de les calciner. Parmi les différens procédés que plusieurs ont publiés, on fait un cas particulier de celui de M. *Margraf*. Il nous apprend qu'il faut choisir celles de ces pierres qui paroissent les plus nettes, les plus cristallines, les plus pesantes, celles qui se séparent par lames, lorsqu'on les casse; qu'il faut les faire rougir dans un creuset, & les réduire ensuite en poudre très-fine, en les triturant dans un mortier de verre, ou de porphyre; en former ensuite une pâte, à l'aide d'une suffisante quantité de gomme adraganthe, dissoute dans de l'eau. Histoire de cette pierre.

(1) Lemery, Chymie.

Préparation de cette pierre.

On prend, après cela, nous dit-il, de cette pâte, dont on forme des especes de gâteaux très-minces. On les laisse dessécher à petit feu, & on l'augmente, vers la fin de l'opération, afin qu'ils se dessèchent aussi parfaitement qu'il est possible. Ces gâteaux étant ainsi préparés, on les fait calciner, en les mettant à plat, sur des charbons allumés, dans un fourneau de réverbere. On recouvre le tout de nouveaux charbons, & on pose le dôme, dont le tuyau reste ouvert. On laisse consommer le charbon, & même refroidir le fourneau, & l'opération est achevée. On enleve le dôme, & on emporte, avec un soufflet, la cendre qui recouvre les pierres calcinées. On les retire, & on les expose, pendant quelques minutes, à la lumiere, pour les porter ensuite dans un endroit obscur, où elles jettent une lumiere très-vive.

§. 61.) Gravure à l'eau-forte.

NOTE 13. *Pour la gravure à l'eau-forte.*

La difficulté avec laquelle l'acide nitreux agit sur les parties grasses, ou mieux, le défaut d'action de cet acide sur ces sortes de substances, donna anciennement naissance à la gravure à l'eau; invention des plus curieuses, des plus utiles aux Arts, & conséquemment digne d'être connue du Physicien. Elle se réduit à disposer l'acide nitreux, de maniere qu'il n'attaque que les parties du métal qu'on a dessein d'attaquer & de creuser, en garantissant les autres avec une espece de cire, ou de vernis préparé à cet effet.

On choisit, pour cette opération, une planche de cuivre rouge, bien dressée & bien planée à froid, pour que le grain du cuivre en soit plus

ſerré & plus uni. On la planit avec toute l'attention poſſible, & on la brunit, de maniere qu'elle acquiert un poli ſemblable à celui d'un miroir. On la frotte enfin avec une mie de pain, ou avec un peu de blanc d'Eſpagne en poudre, & un morceau de peau. On enleve, par ce moyen, toutes les parties graſſes répandues ſur ſa ſurface.

Cette préparation faite, on couvre la planche de vernis. Ce vernis eſt de différente eſpece : chaque Graveur a ſa recette particuliere. Il eſt *dur*, ou *mou*. Nous ne parlerons que de l'emploi de ce dernier, ſans nous occuper de la maniere de le faire, puiſqu'on peut s'en procurer aiſément chez un Graveur.

1°. On fait chauffer la planche ſur un feu modérément allumé dans un réchaud, au-deſſus duquel on la tient, à l'aide d'un ou de pluſieurs étaux à main. Lorſqu'elle a acquis un degré de chaleur, ſuffiſant pour faire fondre le vernis, on paſſe par deſſus une boule de ce vernis, renfermée dans du taffetas. Il ſe fond, & il tranſude à travers les pores du taffetas.

2°. On étend cet enduit de vernis avec un tampon de coton cardé, pareillement renfermé dans un morceau de taffetas. On enleve en même temps, par ce moyen, ce qui peut ſe trouver d'excédent en vernis, & il ſuffit, pour cela, de tamponner légérement la ſurface vernie.

Après cette opération, on expoſe, pendant un inſtant, la planche au-deſſus d'un réchaud, pour que le vernis y prenne une couleur uniforme, qui le rend luiſant. On la noircit après, en l'expoſant à la fumée de la flamme de pluſieurs

bougies jaunes, afin qu'on puiſſe appercevoir plus aiſément les traits qu'on a deſſein d'y former.

Cette planche ne préſente plus alors qu'une ſurface noire & unie, ſur laquelle il s'agit de tracer le deſſein qu'on veut y graver. Pour exécuter cette derniere opération, on emploie pluſieurs méthodes. La ſuivante eſt la plus uſitée.

On frotte le revers du deſſein avec de la ſanguine, ou de la mine de plomb, réduite en poudre très-fine. Ce deſſein étant ainſi préparé, on l'applique ſur le vernis, du côté où l'on a placé la ſanguine, & on l'y maintient avec un peu de cire molle, poſée ſur ſes quatre angles. On ſuit, après cela, tous les traits du deſſin, avec une pointe mouſſe, mais très-fine, d'argent, ou d'acier. Ces traits ſe marquent ſur le vernis; & c'eſt ce qu'on appelle calquer le deſſin, qu'on enleve enſuite.

Pour empêcher que les traits marqués ſur le vernis, ne s'effacent, lorſqu'on ſera obligé d'appliquer les mains deſſus pour graver, on expoſe un moment cette planche, du côté qu'elle eſt vernie, ſur un feu preſqu'éteint, ou ſur la flamme d'un papier allumé, & on la retire dès que le vernis paroît humide; ce qu'il ſuffit pour qu'il s'imbibe, s'il eſt permis de parler ainſi, du trait qu'on vient de calquer.

Après ces différentes opérations, on procede à la gravure. Elle conſiſte, 1°. à enlever avec des pointes, ou avec des échoppes, les traits marqués ſur le vernis. S'il arrive qu'on faſſe alors quelque faux trait, ou que le vernis vienne à s'écailler, ou à s'enlever en quelques endroits, il faut avoir ſoin de couvrir ces défauts avec du

noir de fumée, détrempé dans du vernis de Veniſe. Cette compoſition eſt aſſez molle, pour qu'on puiſſe l'appliquer avec des pinceaux à laver.

2°. Il faut enſuite couvrir cette planche avec de l'eau-forte. Les Graveurs ont auſſi des recettes particulieres pour ces ſortes d'eaux. On en trouvera pluſieurs dans l'ouvrage de *Boſſe* (1). On y trouvera en même temps pluſieurs recettes pour faire le vernis dur, ou mou. Pour l'ordinaire, on ſe ſert d'eau-ſeconde, qui n'eſt autre choſe que de l'eſprit de nitre étendu dans une ſemblable quantité d'eau ſimple.

Pour que ce liquide puiſſe être contenu, en ſuffiſante quantité, ſur la ſurface de la planche, il faut avoir ſoin de la border avec un cordon de cire molle. La cire à modeler eſt très-propre à cet uſage, ainſi que celle dont on ſe ſert pour attacher les cryſtaux ſur les ſurtouts des deſſerts. On pratique à l'un des coins du contours, auquel on donne communément un pouce de hauteur, une petite gouttiere, deſtinée à l'écoulement de l'eau-forte. On poſe enſuite la planche parallelement à l'horiſon, & on la couvre d'eau-ſeconde juſqu'à la hauteur d'un doigt. On la laiſſe dans cette ſituation, juſqu'à ce que l'eau-forte ait ſuffiſamment mordu dans les touches fortes, & qu'elle commence à faire ſon effet dans les touches tendres; ce dont on peut facilement s'aſſurer, en découvrant le cuivre dans les lointains. On le découvre avec un charbon doux. Alors on

(1) Boſſe, Traité de la gravure à l'eau-forte.

fait couler l'eau-forte, & on recouvre la planche avec de l'eau commune, pour amortir ce qui peut rester d'eau-forte dans les traits.

Pour enlever le vernis de dessus cette planche, on se sert communément de charbon de bois de saule, qu'on passe fortement dessus, ayant soin de la mouiller, ainsi que le charbon, avec de l'eau, ou de l'huile. Pour la nétoyer parfaitement, & pour lui rendre la belle couleur qu'elle a perdue dans l'opération, on la frotte, lorsque le vernis est enlevé, avec un linge trempé dans de l'eau commune, aiguisée d'une petite quantité d'eau forte. On l'essuie ensuite avec un linge sec & très-chaud : on l'arrose d'un peu d'huile d'olives : on la frotte, après cela, avec un morceau de feutre, & on l'essuie enfin avec un linge très-sec. C'est alors qu'elle devient propre à produire son effet, & à imprimer le dessin qu'on a gravé.

(*. 63.) Maniere de dessiner & de peindre le marbre.

NOTE 14. *Au poli qu'on lui donnoit ensuite.*

Non-seulement M. *Dufay* parvint à faire pénétrer solidement différentes couleurs dans l'épaisseur du marbre ; mais il réussit également sur l'agathe, & sur plusieurs autres pierres dures. Nous ne nous arrêterons ici qu'aux procédés qu'il mit en usage pour le marbre. S'il n'est point l'auteur de ces ingénieuses méthodes, connues de *Kirker* & de plusieurs autres (1), on ne peut lui savoir trop de gré de les avoir perfectionnées, & d'être parvenu à les amener à un degré de solidité plus durable.

(1) Transf. philos. an. 1701. Journ. des Sav. an. 1678.

Il se servit d'abord de dissolutions métalliques. Il eut ensuite recours à différentes teintures, tirées par l'intermede de certaines huiles, & même par le moyen de la cire; & ces deux procédés lui réussirent également. Le dernier cependant emporte avec lui un inconvénient qu'il n'est guere possible d'éviter. L'huile & la cire s'étendent plus ou moins sur le marbre. Les traits ne peuvent être convenablement tranchés, ni les teintes ménagées avec art; ce qui détermina M. *Dufay* à se servir d'esprit-de-vin; & le succès répondit parfaitement à son attente.

Premiers procédés de M. Dufay.

1°. Une dissolution d'argent, par l'esprit de nitre, pénetre le marbre, de l'épaisseur d'un pouce, & lui donne une couleur rougeâtre, ou pourpre, qui se change ensuite en une couleur brune & permanente, mais elle dépolit le marbre.

2°. Une dissolution d'or, par l'eau-régale, pénetre moins, à la vérité, mais elle pénetre suffisamment, & elle imprime au marbre une couleur violette. L'une & l'autre dissolution agit plus promptement, lorsque le marbre est exposé à l'ardeur du soleil, ou à une chaleur modérée, & elle s'étend en tout sens.

3°. La dissolution du cuivre pénetre très-peu, mais elle est assez tenace, pour résister ensuite à l'action de l'eau bouillante. Elle donne au marbre une couleur rose qui brunit à la longue. On peut néanmoins la faire revivre, en nétoyant le marbre avec une pierre de ponce.

4°. La rouille du fer lui communique une couleur jaune, qui le pénetre assez profondément.

Quoiqu'on pût se borner à ces dissolutions, pour peindre sur le marbre quantité d'ornemens,

qui n'exigent point une trop grande diversité dans les couleurs, nous ajouterons ici les autres procédés de M. *Dufay*. Bien plus étendus que les précédens, leurs effets en sont encore plus agréables.

Autres procédés de M. Dufay.

Pour tirer tout le parti possible des teintures que nous allons indiquer, & pour les faire pénétrer aussi profondément qu'il est possible, dans l'épaisseur du marbre, il faut les appliquer à chaud. Le degré de chaleur convenable se trouve en faisant quelques essais. Il faut avoir soin aussi de dépolir le marbre, avec de la pierre ponce, dans les endroits qu'on veut teindre, & la teinture s'y applique avec un pinceau.

Ces teintures se font avec de l'esprit-de-vin, dans un matras placé sur un bain de sable. On l'y laisse en digestion, jusqu'à ce que la teinture soit suffisamment chargée.

1°. Le bois de Brésil donne une teinture pourprée qui tire sur le violet, lorsqu'on fait chauffer le marbre. On obtient même des nuances différentes, à différens degrés de chaleur; mais ces couleurs s'affoiblissent avec le temps.

2°. La teinture de cochenille pénetre d'une ligne, & donne une couleur mêlée de rouge & de pourpre. Elle devient plus foncée, en chauffant davantage.

3°. La teinture d'orcanette fait une belle couleur rouge, également foncée; si le marbre est très-chaud, la couleur devient brune.

4°. Le tournesol, le bois de campêche, donnent différens rouges.

5°. La terra-merita, le roucou, le safran, font un jaune doré. La premiere couleur ne change

point; la seconde pâlit; la troisieme disparoît en peu de jours. Nous laissons aux Amateurs le soin de perfectionner ces essais, & d'étendre une pratique qui peut devenir assez importante dans les Arts agréables.

NOTE 15. *Une idée suffisante dans la note* 15. (§. 63.)

La *vitrification* est une opération chymique, par laquelle on fait entrer en fusion la terre pure & élémentaire. Cette fusion, destinée à séparer de la terre les parties hétérogenes avec lesquelles elle est combinée, à rapprocher, à lier ensemble ses parties homogenes, la convertit en une masse solide transparente, qui forme du verre, du cristal, ou de la glace, suivant les qualités des matieres qu'on emploie dans l'opération. La glace la plus fine, la plus transparente, ne differe point essentiellement du verre le plus brut, le plus grossier. Toute leur différence ne consiste que dans la maniere selon laquelle on procede à leur fabrique. De la vitrification.

Si la terre élémentaire, autrement dite vitrifiable, qui fait la base de tous les verres, est infusible par elle-même, à tous les degrés de feu que nous pouvons lui faire éprouver, elle devient fusible, & elle se prête à l'usage auquel on la destine dans la vitrification, par son mêlange avec certains fondans appropriés. L'union qu'elle contracte avec eux, produit un mixte, dont la fusibilité, quoique beaucoup moindre que celle des fondans qu'on emploie, est néanmoins suffisante pour l'opération dont nous allons donner une légere idée.

Les fondans dont on fait usage dans la vitri- Des fondans.

fication, sont de deux especes ; le *principe inflammable*, ou le *phlogistique*, & *certaines matieres salines*. Nous ne parlerons que de ces dernieres, dont le service est plus étendu.

Toute substance saline, en général, n'est point également propre à cet effet. Ni les acides libres, ni les alkalis volatils, ni les sels ammoniacaux, ne peuvent être employés dans cette opération. Quoique très-fusibles, & conséquemment très-propres à procurer la fusion de la terre, ils sont trop volatils. Ils céderoient trop promptement à l'action du feu, & ils se dissiperoient totalement, avant d'avoir produit l'effet auquel ils sont destinés. Les sels neutres, à base d'alkali fixe, contenant l'acide vitriolique, ou l'acide marin, n'y sont pas plus propres. Quoique suffisamment fixes & fusibles, leur acide & leur alkali, trop étroitement unis, ne leur permettent pas d'exercer assez d'action sur d'autres substances, & particuliérement sur la terre vitrifiable.

Fondans salins dont on se sert communément.

On ne peut donc employer avantageusement que l'alkali fixe végétal, ou minéral, les nitres à base d'alkali fixe, le sel sédatif, le borax, &c. encore choisit-on, parmi ceux-ci, les moins dispendieux. C'est pour cette raison qu'on n'emploie le borax que dans les travaux en petit, & lorsqu'on veut obtenir le plus beau verre blanc possible. On se sert communément du sel de tartre, de la potasse, des cendres gravelées, de la soude, & du sel qu'on tire des cendres de bois neuf.

Mêlange de la terre vitrifiable avec la terre calcaire.

On emploie encore assez communément, dans la fabrique de certains verres, un mêlange de terre vitrifiable, & de terre calcaire. Quoique

cette derniere ne ſoit point propre à ſe vitrifier, elle entre comme fondant, & elle ſert à économiſer les matieres ſalines. Le verre en eſt moins beau, moins ſolide, ſuſceptible d'être attaqué par les acides, & il ſe détruit en aſſez peu de temps. Tel eſt le verre ordinaire de Lorraine. Les terres vitrifiables dont on fait le plus d'uſage, ſont le quartz, les ſpaths fuſibles & vitrifiables, les cailloux, les ſables, &c. On préfere communément ces derniers, parce qu'ils ſont déja triturés. Les terres calcaires qu'on y ajoute quelquefois, ſont la craie, le moëllon réduit en poudre, &c.

Choix des matieres, ſelon la qualité des verres.

Si toutes ces matieres ſont également propres à la vitrification en général, elles demandent néanmoins du choix, ſelon l'eſpece de verre qu'on ſe propoſe de fabriquer. Veut-on faire de très-belles glaces, telles que celles qui ſortent de nos Manufactures de Saint-Gobin & de Cherbourg? On emploie, pour cet effet, le ſable qu'on tire d'une carriere près de Creil. On le tamiſe, & on le lave, juſqu'à ce que l'eau en ſorte bien claire, & on le mêle avec de la ſoude d'Alicante, qu'on a ſoin de nétoyer & de purger de tout corps étranger qui pourroit s'y trouver. S'agit-il de faire du cryſtal? On prend de l'alkali privé de cendres, & on choiſit un ſable blanc, qui ne contient point de parties colorantes, ſuſceptibles de ſe développer par l'action du feu; ce dont on s'aſſure par des eſſais. On y ajoute une certaine quantité de chaux de plomb, telles que le minium, la litharge, le blanc de ceruſe, &c. Elles donnent du corps, de la ſolidité, & une certaine douceur au verre, en même temps

qu'elles provoquent la fusion de la terre vitrifiable, à raison de la petite quantité de phlogistique qu'elles retiennent. Si on ne veut obtenir que du verre blanc ordinaire, on supprime, du mêlange précédent, la chaux de plomb. Pour le verre commun, on emploie tout sable quelconque, qu'on mêle avec de la soude non lessivée; de la charrée même suffit. Cette charrée n'est autre chose que les cendres qui proviennent des lessives des Blanchisseuses.

La fritte. Lorsqu'on a fait le mêlange des matieres qui doivent entrer dans la composition du verre, on commence par le *fritter*. Cette opération consiste à calciner, pendant l'espace de vingt-quatre heures, les matieres dont nous venons de parler, & auxquelles on donne le nom de *fritte*, lorsqu'elles ont subi cette calcination.

On enleve, 1°. par ce moyen, toute l'humidité qu'elles pourroient receler: 2°. on leur procure un commencement d'union & d'action les unes sur les autres; ce qui hâte d'autant le travail de la vitrification: 3°. on brûle encore, par ce moyen, toutes les substances phlogistiquées qui se trouveroient dans le mêlange, & qui ne serviroient qu'à répandre dans les verres un ton de noir, qu'on a soin d'éviter. Abstraction faite de cette derniere raison, qui ne peut avoir lieu pour nos verres communs, on ne laisse pas de fritter les matieres, pour les deux raisons précédentes.

La matiere étant suffisamment frittée, on l'enleve des petits fours qui la recelent, avec des pelles de fer, & on l'introduit dans des creusets, dans lesquels la vitrification doit s'opérer. Ces

creusets sont établis dans le four principal, & on y dépose la matiere, par des ouvreaux pratiqués à ce dessein. On allume grand feu dans ce four, & on le continue pendant l'espace de douze à quinze heures, jusqu'à ce que le verre soit bien formé & bien fondu. Lorsqu'il est dans ce dernier état, on écume la matiere avec des cuilliers de fer. On enleve, par ce moyen, les sels qui ne sont pas bien incorporés, & qui nagent à la surface. Ces sels s'appellent, en terme de l'Art, *sel*, ou *fiel de verre*. Ils se trouvent d'autant plus abondamment sur la surface de la matiere en fusion, qu'il entre plus de sel marin dans les substances salines qu'on emploie. Les soudes de Normandie en contiennent une très-grande quantité.

Il y auroit encore ici quantité de détails à décrire : mais nous ne voulions qu'exposer les principes physiques, sur lesquels la conversion de la terre en verre est établie.

La recuite.

Nous observerons cependant encore que la recuite est une opération indispensable, qui se pratique dans un four à part, & auquel on donne, pour cette raison, le nom de *four à recuire*. On y transporte toutes les pieces de verre, de cristal, &c. immédiatement après qu'elles sont formées : on les y échauffe d'abord assez, pour les entretenir rouges pendant quatre à cinq heures : on diminue ensuite le feu par degrés ; & il ne faut pas moins de trente-six à quarante heures pour achever cette opération. Sans cette sage précaution, les pieces seroient extrêmement fragiles ; elles se casseroient au moindre ébranlement qu'elles éprouveroient, & elles tomberoient en poussiere.

(§. 74.) NOTE 16. *A la faire suffisamment connoître dans la note 16.*

Affinité réciproque.

On entend par *affinité réciproque*, celle dans laquelle un principe ayant été séparé d'un autre par un troisieme, le premier fait quitter prise, à son tour, à celui qui l'avoit séparé. Elle a lieu, lorsque les deux principes qui sont alternativement séparés l'un par l'autre d'un troisieme, ont, avec ce dernier, une affinité presque égale, & que leur séparation est procurée par des circonstances particulieres, relatives à quelques-unes de leurs propriétés. On trouve une preuve bien manifeste de cette espece d'affinité dans l'expérience suivante.

Expérience qui démontre cette espece d'affinité.

Mettez dans une cornue parties égales de nitre & d'acide vitriolique : posez cette cornue sur un bain de sable, & poussez le feu. L'acide vitriolique décomposera le nitre, s'emparera de sa base, avec laquelle il a plus d'affinité. L'acide nitreux se dégagera donc alors, & s'élevera dans la distillation, tandis que l'acide vitriolique, combiné avec l'alkali du nitre, restera au fond de la cornue, où il formera un véritable sel de duobus. Amenez ce sel au degré de perfection qu'il doit avoir, en le purifiant par plusieurs dissolutions, filtrations & cristallisations ; prenez une certaine quantité de ce sel, que vous ferez dissoudre dans égal poids d'acide nitreux, à l'aide d'une chaleur modérée : laissez refroidir ensuite la dissolution ; elle déposera une quantité de cristaux, qui ne seront autre chose que de véritable nitre, formé par la combinaison de l'acide nitreux qui se sera emparé de sa base alkaline, dont il aura dépouillé l'acide vitriolique.

Si

Si on fait attention aux deux procédés qu'on a ſuivis dans l'expérience précédente, on ſaiſira facilement la cauſe de cette eſpece d'affinité. On verra que l'acide vitriolique a plus d'affinité avec l'alkali du nitre, que le nitre lui-même, lorſqu'on le traite par la voie ſeche; & qu'au contraire, l'acide nitreux jouit d'une plus grande affinité avec cette même baſe, que l'acide vitriolique, lorſqu'on les traite par la voie humide.

NOTE 17. *Une ſuffiſante quantité d'huile de tartre.* (§. 83.)

De l'huile de tartre.

C'eſt on ne peut plus improprement qu'on donne le nom d'huile à la liqueur qu'on diſtribue dans le commerce, ſous le nom *d'huile de tartre.* Elle ne porte avec elle aucun des caracteres qui diſtinguent les huiles. Ce n'eſt qu'une ſimple diſſolution du ſel alkali fixe du tartre. Ce ſel abſorbe avidement l'humidité de l'air, & paſſe, par ce moyen, de l'état concret, à celui de liqueur; ce que les Chymiſtes appellent *tomber en défaillance.* L'huile de tartre eſt donc, à proprement parler, du ſel de tartre, fondu par l'humidité de l'air, & on donne la même dénomination à la liqueur qui provient de la diſſolution immédiate de ce ſel dans l'eau.

NOTE 18. *Dans ſuffiſante quantité d'eſprit volatil de ſel ammoniac.* (§. 84.)

Du ſel ammoniac.

Le ſel ammoniac eſt un ſel neutre compoſé d'acide & d'alkali volatil, combinés juſqu'au point de ſaturation. On le diſtingue en *naturel* & en *factice.* On ne trouve guere que ce dernier dans le commerce.

Naturel. Le premier ſe trouve naturellement formé dans les volcans ou dans leur voiſinage. On en trouve une aſſez grande quantité dans les ſoufrieres de Pouzol. Il s'y ſublime à travers les fentes & les crevaſſes qui s'y rencontrent, & il s'attache ſous la forme de ſuie blanche, aux pierres qu'on entaſſe à deſſein ſur ces fentes. On le ramaſſe & on le fait fondre enſuite dans une quantité d'eau ſuffiſance. On fait évaporer cette eau, & le ſel ſe cryſtalliſe : mais la quantité qu'on en retire par ce procédé, eſt trop modique, pour ſuffire à la conſommation qui s'en fait.

Factice. L'art eſt parvenu à imiter la nature & à former un véritable ſel ammoniac, par la combinaiſon d'un acide quelconque avec l'alkali volatil. On le diſtingue enſuite par le caractere de l'acide qui entre dans ſa compoſition. De-là, *le ſel ammoniac vitriolique*, *nitreux*, ou *marin*. C'eſt à ce dernier, dont l'uſage eſt plus multiplié, auquel on a conſervé, par préférence, le nom de *ſel ammoniac*.

Comme l'alkali volatil s'unit moins intimement aux acides, que l'alkali fixe, le ſel ammoniac eſt un ſel neutre plus facile à décompoſer que tout autre, qui ſeroit formé d'un acide & d'un alkali fixe. Il y a plus encore : comme l'alkali volatil a plus d'affinité avec l'acide vitriolique & avec l'acide nitreux, qu'avec l'acide marin, ces deux premiers décompoſeront aiſément tout ſel ammoniac, formé par l'acide marin, & ils s'empareront de l'alkali auquel il ſera uni.

Si on décompoſe ce ſel par l'intermede d'une terre calcaire, cette terre s'emparera de

l'acide marin, avec lequel elle a plus d'affinité que l'alkali volatil, & ce dernier s'exhalera. On emploie aſſez communément la chaux pour cette opération; & dans ce cas, l'alkali volatil qui ſe dégage, ſe diſſout & paſſe dans le récipient, ſous la forme d'une liqueur, à laquelle on donne le nom *d'eſprit volatil de ſel ammoniac*. Cette liqueur n'eſt donc autre choſe que l'alkali volatil dégagé de l'acide marin par l'intermede de la chaux.

Eſprit volatil de ſel ammoniac.

(§. 87.)

NOTE 19. *La ténuité prodigieuſe de ces globules.*

Ténuité des globules dans les fluides des animaux microſcopiques.

En prenant ici pour exemple les animaux que le célebre Naturaliſte *Lewenhoek* découvrit dans la laite d'un merlus, dont il trouva la groſſeur égale $\frac{1}{36,000,000,000,000,000}$ de pouce cubique: voici le calcul qu'il donne concernant la groſſeur des molécules de leur ſang.

Le corps d'un homme, dit-il, eſt à celui d'un de ces animaux, quant à leur groſſeur, dans le rapport de 17 à $\frac{3}{100,000}$ & le diametre des globules du ſang d'un homme ne ſurpaſſe pas $\frac{1}{79200}$ de pouce. Nous ne conteſterons point ici cette derniere donnée, quoiqu'elle ne ſoit point abſolument exacte, comme on pourra s'en convaincre, en jettant les yeux ſur les obſervations du D. Jurin (1).

Suppoſons donc la vérité du principe, nous en conclurons l'analogie ſuivante, comme 17 eſt à $\frac{3}{100000}$; ainſi $\frac{1}{79200}$ eſt à $\frac{3}{134,640,000,000}$; donc les globules du ſang de ces petits animaux ne

(1) Jurin, tranſ. philoſoph.

peuvent pas être auſſi grands que $\frac{1}{1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000}$ d'un pouce.

Pour rendre ceci plus palpable & plus conforme à notre façon de concevoir les choſes, le D. *Keill* a ſubſtitué une comparaiſon plus ſenſible, & il aſſure, après avoir évalué toute la force du rapport indiqué, que le plus petit grain de ſable viſible contiendroit plus de ces globules que 10256 des plus hautes montagnes ne contiendroient de grains de ſable.

(§. 88.)

NOTE 20. *L'étendue de ſa ſurface totale.*

Idée de l'accroiſſement des ſurfaces, occaſionné par la diviſion.

Pour donner une idée ſuffiſante de l'accroiſſement des ſurfaces, occaſionné par la diviſion, prenons pour exemple un ſolide d'un pied cube. Ce ſolide étant terminé par ſix faces d'un pied quarré chacune, aura ſix pieds quarrés de ſuperficie. Suppoſons maintenant que, par une triple ſection, on diviſe ce ſolide en huit cubes, la ſuperficie de chacun de ces derniers, ſera de $\frac{6}{4}$ de pieds quarrés, & conſéquemment la ſuperficie totale ſera de $\frac{48}{4}$ de pieds quarrés = 12 pieds quarrés. La ſurface ſolide ſera donc alors doublée, quoique la maſſe demeure la même.

Il ſuit de-là que dans les corps de même eſpece, mais dont les volumes ſont inégaux, la ſurface du plus petit ſera dans un plus grand rapport avec ſa ſolidité, que la ſurface du plus grand avec la ſienne. Pour confirmer cette vérité très-importante à bien connoître en quantité de circonſtances, prenons encore le même exemple que ci-deſſus.

Nous venons de voir que la ſurface totale du petit cube, eſt à ſa ſolidité, comme 12 : 1. car $\frac{6}{4}$:

$\frac{1}{6} :: 12 : 1$, tandis que la ſurface du premier cube eſt à ſa ſolidité, comme $6 : 1$.

De-là, dans les corps de même eſpece, mais de différentes grandeurs, les rapports de leurs ſurfaces à leurs ſolidités, ſont en raiſon réciproque de leurs côtés homologues; ce qui paroît encore manifeſtement dans les cubes dont nous venons de faire mention. La ſurface, en effet, du grand cube, eſt à ſa ſolidité, comme $6 : 1$. La ſurface du petit eſt à la ſienne, comme $12 : 1$. Or, le côté du grand cube eſt au côté du petit, comme $2 : 1$. Par conſéquent le rapport de la ſurface du premier à ſa ſolidité, eſt au rapport de la ſurface du ſecond, à la ſienne, comme le côté de ce ſecond eſt au côté du premier.

En général, ſi les côtés d'un corps ſont exprimés par a, ſa ſurface ſera a^2, & ſa ſolidité a^3. En déſignant par b, les côtés d'un autre corps, la ſurface de ce dernier ſera b^2, & ſa ſolidité b^3. Cela poſé, la ſurface du premier de ces deux corps, ſera à ſa ſolidité, comme $a^2 : a^3$, ou $\frac{a^2}{a^3}$, & la ſurface du ſecond ſera pareillement à ſa ſolidité, comme $b^2 : b^3$, ou $\frac{b^2}{b^3}$. Or, $\frac{a^2}{a^3} : \frac{b^2}{b^3} :: \frac{1}{a} : \frac{1}{b}$, ou $:: b : a$.

NOTES
SUR
LA TROISIEME SECTION.

(§. 101.) NOTE 1. *La quantité d'eſpace qu'il aura parcouru dans chaque inſtant.*

En déſignant la vîteſſe, l'eſpace parcouru & le temps employé à le parcourir, par les trois lettres initiales V ; E ; T ; on peut toujours exprimer la vîteſſe d'un corps en mouvement, par cette formule générale $V=\frac{E}{T}$ & cette expreſſion donne naiſſance aux deux ſuivantes $E=VT$, & $T=\frac{E}{V}$. D'où il ſuit que, de ces trois choſes, l'*eſpace*, le *temps* & la *vîteſſe*, deux étant connues, la troiſieme l'eſt auſſi.

Formule générale pour déſigner la vîteſſe d'un mobile.

Pour peu qu'on ſoit initié dans le calcul algébrique, on peut tirer facilement le plus grand parti de ces expreſſions, pour déterminer, d'une maniere auſſi préciſe qu'exacte, les différens rapports qui ſe trouvent entre les vîteſſes abſolues de deux ou de pluſieurs mobiles, ainſi que des eſpaces qu'ils parcourent, & des temps qu'ils emploient à les parcourir.

Applications pour découvrir les vîteſſes de deux mobiles.

1°. S'agit-il des vîteſſes ? Leur rapport ſera, en général, comme leurs expreſſions ; c'eſt-à-dire, que V, vîteſſe de l'un de ces corps, étant déſignée par $\frac{E}{T}$ & v, vîteſſe de l'autre corps, étant

pareillement désignée par $\frac{e}{t}$, on aura la proportion suivante, $V : v :: \frac{E}{T} : \frac{e}{t}$. Mais dans toute proportion géométrique, le produit des extrêmes étant égal au produit des moyens, la proportion trouvée nous donnera l'équation que voici. Donc $\frac{Ve}{t} = \frac{vE}{T}$. Or, en faisant évanouir les fractions, pour la commodité des opérations suivantes, nous aurons cette nouvelle équation générale $VeT = vEt$; d'où nous déduirons la proportion $V : v :: Et : eT$.

En conservant l'équation générale que nous venons de trouver, nous pourrons en déduire les corollaires suivans.

1°. Si $T = t$, on aura $Ve = vE$; ce qui donnera $V : v :: E : e$.

2°. Si $E = e$, on aura $VT = vt$; ce qui donnera $V : v :: t : T$.

3°. Si on avoit la proportion $E : e :: T : t$, on auroit $V = v$; car par l'hypothese $Et = eT$; donc, en retranchant cette équation de la générale $VeT = vEt$, il resteroit $V = v$.

4°. Si on avoit, au contraire, $E : e :: t : T$; on auroit $V : v :: t^2 : T^2$, ou $V : v :: E^2 : e^2$; car par la supposition, on auroit $ET = et$; donc, en multipliant par ordre l'équation générale $VeT = vEt$, par cette derniere, on auroit $VeET^2 = vEet^2$: & en simplifiant celle-ci, il resteroit $VT^2 = vt^2$: d'où l'on déduiroit la proportion $V : v :: t^2 : T^2$.

Mais comme par l'hypothese $ET = et$, on peut aussi multiplier le premier membre de l'équation générale par et, & le second par ET; ce

qui donnera $Ve^2 . Tt = v E^2 tT$, & en simplifiant, on aura $Ve^2 = vE^2$; d'où l'on déduira, $V : v :: E^2 . e^2$.

Pour découvrir les espaces parcourus.

2°. S'agit-il maintenant des espaces? Comme nous avons $E = VT$, nous aurons aussi $e = vt$, & conséquemment $E : e :: VT : vt$.

En supposant donc, 1°. que $V = v$; il restera $E : e :: T : t$.

2°. En supposant que $T = t$; on aura $E : e :: V : v$.

3°. En supposant que $T : t :: V : v$, on aura $E : e :: T^2 : t^2$, ou $E : e :: V^2 : v^2$; puisque nous avons par la premiere expression $E : e :: VT : vt$, & que, lorsqu'une raison composée résulte de deux raisons compósantes égales, cette raison composée devient doublée de l'une ou de l'autre des deux raisons compósantes.

4°. Si on avoit $T : t :: v : V$; on auroit $E = e$. Par la supposition $TV = tv$; donc $E = e$.

Pour découvrir les temps employés à parcourir des espaces donnés.

3°. S'agit-il enfin des temps? Comme nous avons $T = \frac{E}{V}$, nous aurons aussi $t = \frac{e}{v}$, & conséquemment $T : t :: \frac{E}{V} : \frac{e}{v}$. En faisant le produit des extrêmes, & celui des moyens, nous trouverons, en faisant évanouir les fractions, la même formule que nous avons déjà trouvée pour les vîtesses; & nous aurons $TeV = tEv$.

Si on suppose donc 1°. que $E = e$, on aura $TV = tv$; ce qui donnera $T : t :: v : V$.

2°. Si $V = v$, on aura $Te = tE$, & conséquemment $T : t :: E : e$.

3°. Si on avoit $E : e :: V : v$, on auroit $Ev = eV$, & conséquemment $T = t$.

Mais si on avoit $E : e :: v : V$, on auroit $T : t :: v^2 : V^2$, ou $T : t :: E^2 : e^2$. En effet, par la supposition $EV = ev$. En multipliant donc par ordre l'é-

quation générale $T\,e\,V = t\,E\,v$; par cette derniere, on auroit $T\,e\,E\,V^2 = t\,E\,e\,v^2$; & en simplifiant, il resteroit $T\,V^2 = t\,v^2$. Donc, en ordonnant les termes de cette derniere équation, on auroit $T : t :: v^2 : V^2$; & multipliant encore les termes de l'équation générale par $e\,v$ & $E\,V$, l'équation subsisteroit, & donneroit $T\,e^2\,V\,v = t\,E^2\,v\,V$; & en simplifiant, il resteroit $T\,e^2 = t\,E^2$; ce qui donneroit $T : t :: E^2 : e^2$.

NOTE 2. *Donne le même produit qu'une vîtesse comme* 4, *multipliée par une masse comme* 2. (§. 104.)

La force d'un corps, sa masse & sa vîtesse étant exprimées par les lettres initiales F, M, V, on peut en général désigner la quantité du mouvement ou la force d'un mobile par cette formule générale, $F = M\,V$; d'où l'on peut déduire les deux expressions suivantes, $V = \frac{F}{M}$ & $M = \frac{F}{V}$. Par conséquent, de ces trois choses, la masse, la vîtesse & la force du mobile, deux étant connues, la troisieme le devient facilement.

Formule générale pour désigner la quantité de mouvement.

On peut encore, à l'aide de ces expressions, déterminer & comparer les forces de deux corps : car l'expression de l'une étant $F = M\,V$, l'expression de l'autre sera $f = m\,v$; ce qui donne la proportion, $F : f :: M\,V : m\,v$; d'où l'on tire les inductions suivantes.

Applications.

1°. Si $M = m$; on aura $F : f :: V : v$.

2°. Si $V = v$; on aura $F : f :: M : m$.

3°. Si on a $M : m :: V : v$, on aura $F : f :: M^2 : m^2$, ou $F : f :: V^2 : v^2$.

Par l'expression générale, on a $F : f :: M\,V : m\,v$. La raison de $M\,V$ à $m\,v$, sera donc composée de raisons égales, & conséquemment elle

ſera doublée de l'une, ou de l'autre des raiſons compoſantes, & on aura $F : f :: M^2 : m^2$, ou $F : f :: V^2 : v^2$.

4°. Si on a $M : m :: v : V$; on aura alors $F = f$, car, par la ſuppoſition, on a $MV = mv$: donc $F = f$.

(§. 129.) NOTE 3. *Que celles que nous venons de développer.*

Veut-on découvrir facilement les effets du choc entre des corps mous, & déterminer, par un calcul très-ſimple, quelle doit être la vîteſſe du corps choquant, & celle du corps choqué, on peut ſe ſervir très-avantageuſement des formules générales que voici. Déſignons, en effet, par X, la vîteſſe qu'on cherche; les maſſes des deux corps par M, m; leurs vîteſſes par V, v; & on aura, dans le cas où le corps choqué eſt en repos, $X = \frac{MV}{M+m}$; ce qui s'accorde parfaitement avec les réſultats que nous avons expoſés précédemment. Prenons, en effet, pour exemple, le premier cas (123), dans lequel les maſſes étant égales, la bille choquée étoit en repos, & la choquante étoit munie de ſix degrés de vîteſſe; nous trouverons, en ſuivant le développement de notre formule, que la vîteſſe commune X, après le choc, eſt égale à MV, c'eſt-à-dire, à la force de la bille choquante, produit de ſa maſſe 1, par ſa vîteſſe 6, & conſéquemment égale à 6, diviſé par $M + m$, c'eſt-à-dire, par la ſomme des maſſes $1 + 1 = 2$. Or, $\frac{6}{2} = 3$. La vîteſſe commune, après le choc, ſera donc égale à 3, ainſi que nous l'avons indiqué (123).

Formules pour le choc des corps mous.

Les deux billes ſont-elles en mouvement, on

ſe ſervira de la formule ſuivante, & on aura la vîteſſe commune, après le choc, $X=\frac{MV+mv}{M+m}$; c'eſt-à-dire, qu'on diviſera la ſomme des forces par celle des maſſes.

Mais ſi les corps ſe meuvent en ſens contraire, on ſe ſervira d'une troiſieme formule que voici. $X=\frac{MV-mv}{M+m}$, on aura donc la vîteſſe commune, après le choc, en diviſant la différence des forces avant le choc, par la ſomme des maſſes.

NOTE 4. *Une multitude de phénomenes plus curieux les uns que les autres.* (§. 130.)

Propriétés dépendantes de l'élaſticité des fibres animales.

Quoique les fibres animales ne jouiſſent point d'une élaſticité parfaite, la force avec laquelle elles ſe rétabliſſent dans leur premier état, augmente à proportion que la force diſtenſive augmente.

Nous obſerverons encore que la réaction de la fibre diſtendue, obtient ſon effet dans le temps même que la force diſtenſive agit contre elle. On ſait qu'une corde d'inſtrument, la corde d'une baſſe, par exemple, faite de fibres animales, rend un ſon moins aigu ; qu'elle baiſſe quelques heures après avoir été montée : elle demeure cependant également allongée : la cheville ſur laquelle elle eſt roulée, demeure fixe, & ne revient point ſur elle-même. De-là la néceſſité d'accorder ſouvent les inſtrumens à cordes.

Soumiſes aux mêmes loix, les fibres animales qui conſtituent les ſolides des animaux, perdent donc ſenſiblement du ton qu'elles acquierent quelquefois. Diſtendues, par exemple, par une

inflammation quelconque, leur tenſion ſera moindre le lendemain, quoique ces fibres demeurent également allongées; & cette obſervation n'eſt point à négliger dans la pratique. Elle nous apprend qu'une inflammation qui ſubſiſte dans le même degré, ſouffrira le lendemain des remedes irritans, qu'on n'auroit oſé adminiſtrer la veille. Elle nous apprend encore que la ſaignée eſt plus efficace dès le premier moment de l'inflammation, & qu'elle devient inutile, lorſqu'on tarde quelques jours à la faire.

Si la tenſion des fibres diminue, tandis que la force diſtenſive déploie ſon action contre elles, cette tenſion augmente après que cette force a ceſſé d'agir. On remarque, en effet, conſtamment qu'une corde d'inſtrument étant relâchée, acquiert, après ce relâchement, un certain degré de tenſion. Une corde de baſſe, par exemple, rend un ſon plus aigu, quelque temps après avoir été relâchée, qu'au moment de ſon relâchement. Il en eſt de même des fibres du corps humain, lorſqu'elles reſtent dans le relâchement, après avoir été tendues; leur ton augmente ſenſiblement. C'eſt ce qui arrive pendant le ſommeil: les parties étant donc relâchées, augmentent en tenſion vers le matin; ce qui fait que le ſommeil rétablit les forces épuiſées par la veille.

Cette tenſion que les fibres acquierent pendant leur relâchement, ne s'acquiert point tout-à-coup: elle ne ſurvient que ſucceſſivement; & l'intenſité de cet effet n'eſt jamais plus marquée, que lorſque le relâchement ſe fait inſenſiblement & par degrés.

On remarque, en effet, que ſi on relâche deux

cordes d'inſtrument d'une quantité égale, mais en des temps inégaux ; ſuppoſons que l'une des deux ſoit relâchée ſubitement, & l'autre par intervalles, la premiere demeurera très-lâche, parce que ſes parties n'auront point eu le temps de ſe rapprocher, & d'acquérir un certain degré de tenſion, tandis que l'autre ayant été relâchée peu à peu, ſes parties auront eu le temps de ſe rapprocher, & d'acquérir quelques degrés de tenſion.

C'eſt pourquoi, toutes choſes égales d'ailleurs, une hémorrhagie ſubite produit un très-grand relâchement & une foibleſſe extrême ; au lieu que celle qui ne ſe fait que gouttes à gouttes, ne produit qu'une légere foibleſſe.

De-là vient auſſi qu'une ſaignée faite à plein canal, affoiblit beaucoup plus que celle dont l'ouverture eſt petite, & elle affoiblit même plus que pluſieurs ſaignées faites à quelque diſtance les unes des autres, quoique ces dernieres évacuent quelquefois une plus grande quantité de ſang, qu'une ſaignée copieuſe, faite en une ſeule fois.

NOTE 4. *De ſupputer le frottement d'une machine.* (§. 277.)

La ſimplicité & l'utilité de cette méthode, nous engagent à la copier ici, en faveur de ceux qui n'auroient point l'Ouvrage de *Muſſenbroek*. Suppoſons, dit-il, une poulie fixe & ſimple ; qu'à une des extrêmités de la corde, qui paſſe ſur ſa gorge, ſoit attaché un poids de cent livres. Dans cette hypotheſe, il faut néceſſairement que la puiſſance, appliquée à l'autre extrêmité de

Maniere de calculer le frottement d'une machine.

cette corde, à dessein de soulever le poids, soit capable de produire un effort de plus de cent livres : dans ce cas, l'axe de la poulie supportera un poids au delà de deux cents livres. Supposons néanmoins deux cents. Que le diametre de l'axe soit à celui de la poulie :: 1 : 10, & que le frottement n'aille qu'à $\frac{1}{6}$ du poids : ce sera donc pour lors la même chose, que si l'axe étoit chargé d'un poids de deux cents livres $+ \frac{200}{6} = 233\frac{1}{3}$. Or, comme la puissance agit sur un des points de la circonférence de la poulie, qui est la même chose que l'extrêmité d'un bras de levier, & que le frottement qui représente la résistance, se fait sentir sur l'axe de la poulie, c'est donc la même chose que si le poids que la puissance doit vaincre, étoit suspendu à l'axe de la poulie : cet axe pourra donc être regardé comme l'autre bras du levier. Ces deux bras, dans la supposition présente, sont encore entre eux :: 1 : 10. La puissance n'est donc pas obligée, dans ce cas, de faire un effort de $133\frac{1}{3}$ de livres, mais seulement un effort $= \frac{1}{10}$ du frottement ; conséquemment, cet effort doit être égal à $\frac{233\frac{1}{3}}{10} = 23\frac{1}{3}$ de livres. Par conséquent ; une puissance de $103\frac{1}{3}$ livres sera en équilibre avec le poids de cent livres & le frottement qu'il fait éprouver. Il faudra cependant encore avoir égard ici au frottement occasionné par les trois livres $\frac{1}{3}$ qu'on ajoute ; & conséquemment ajouter à la puissance $\frac{23\frac{1}{3}}{10}$ de livres, quantité très-petite à la vérité, & qu'on peut négliger à la rigueur. D'où il suit, qu'une puissance dont l'effort sera de cent quatre livres, pourra faire mouvoir un poids de

cent livres, dans l'hypothèſe préſente, s'il n'y a point d'autres obſtacles auxquels il ſoit néceſſaire de faire attention.

NOTE 5. *Que ſur les corps placés vers la ſurface de ce globe.* (§. 247.)

Rapports entre l'action de la peſanteur, conſidérée à la ſurface de la terre, & à la diſtance moyenne de la lune.

On ſait, d'après les obſervations de M. *Hughens*, que les corps abandonnés à eux-mêmes vers la ſurface de la terre, parcourent quinze pieds pendant la premiere ſeconde de leur chûte, dans le climat de Paris. Or, la lune ne s'approche que de quinze pieds du centre de la terre, dans l'eſpace d'une minute ou de ſoixante ſecondes.

Soit, en effet, le centre de la terre en A, (plan. 7, fig. 1,) & le cercle X B *y*, repréſentant l'orbe de la lune, éloigné du centre A de la terre, à la diſtance de ſoixante demi-diametres, ou de ſoixante fois le rayon A *a*, diſtance moyenne de la lune à la terre. Suppoſons maintenant que la lune, étant au point B de ſon orbite, elle parcourt l'arc B E dans l'eſpace d'une minute. Elle ne peut parcourir cet arc qu'en vertu de deux forces, dont l'une la ſollicite ſuivant la tangente B C, & l'autre ſelon B D, perpendiculaire au centre de la terre. D'où il ſuit qu'en parcourant l'arc B E, elle parcourt équivalemment les lignes B C & B D. Par conſéquent, parvenue au point E, elle s'approche du centre A de la terre, de la quantité B D. Or, on démontre que B D eſt de quinze pieds.

Pl. 7, fig. 1.

Suivant les obſervations de M. *Picard*, la circonférence de la terre eſt de 123299600 pieds; mais l'orbe de la lune doit être ſoixante fois plus grand, puiſque les circonférences des cercles

ſont entre elles comme leurs diametres. Cet orbe eſt donc de 7,394,976,000 pieds. Reſte à déterminer maintenant quelle portion de cet orbe la lune parcourt dans une minute.

Suivant les obſervations les plus exactes, la lune emploie 27 jours, 7 heures, 45′ 4″ 45‴ à faire ſa révolution autour de notre globe. Réduiſant ce temps en minutes, & ſupprimant les ſecondes & les tierces, ce qui ne peut occaſionner une erreur ſenſible, on trouve que la lune emploie 39343 minutes à parcourir ſon orbe, ou 7394976000 pieds. En diviſant ce nombre de pieds, par le nombre de minutes employé à les parcourir, on a pour quotient 187961 pieds, & une fraction qui compenſe à-peu-près les 4″ 45‴ que nous avons négligées.

Suppoſons maintenant que le mouvement de la lune ſoit uniforme, l'arc B E qu'elle parcourt dans une minute, eſt donc de 187961 pieds; & la connoiſſance de cet arc ſuffit pour arriver à celle de B D, qui déſigne la quantité dont elle s'approche du centre de la terre, dans l'eſpace d'une minute.

Par la note ſuivante, la force centripete d'un corps qui parcourt la circonférence d'un cercle, eſt égale au quarré de ſa vîteſſe, diviſé par le diametre de ce cercle: élevons donc l'arc B E à ſon quarré, & nous aurons $187961 \times 187961 = 35329337521$ pieds. Diviſant maintenant ce produit par le diametre de l'orbe de la lune, nous aurons la valeur de B D, ou de la force centripete.

L'orbe de la lune réduit en pieds, eſt de 7394976000 pieds. Son diametre eſt donc de

2353893769

2353893769 pieds, en prenant le rapport de *Metius*, qui est, sans contredit, le plus approchant dont on puisse se servir, celui de 355 à 113. Divisant donc 7394976000, par 2353893769, on aura 15 pour quotient, avec une petite fraction, qu'on ne peut éviter, à cause des suppositions précédentes. La force centripete qui maîtrise la lune vers le centre de notre globe, l'en approche donc de quinze pieds, dans l'espace d'une minute, tandis que les corps qui se meuvent vers la surface de ce globe, en vertu de la pesanteur, s'en approchent, dans le climat de Paris, de quinze pieds, pendant la premiere seconde de leur chûte. Or, comme les espaces parcourus, en vertu de la pesanteur, sont entre eux comme les quarrés des temps employés à les parcourir (203), un corps qui parcourt quinze pieds dans la premiere seconde de sa chûte, en parcourt 54000, en soixante secondes, ou dans l'espace d'une minute; ce qu'on peut vérifier aisément en faisant la proportion suivante.

Le quarré d'une seconde, est un quarré de soixante, ou en substituant leurs nombres, 1 est à 3600, comme quinze pieds est à un quatrieme terme; & en effectuant la regle, on trouve 54000 pieds, quantité 3600 fois plus grande que quinze. Donc un corps abandonné vers la surface de la terre, parcourt 3600 fois plus d'espace que la lune, dans le même temps, en s'approchant l'un & l'autre du centre de la terre. Donc la vîtesse d'un corps éloigné du centre de la terre d'un demi-diametre, & celle de la lune, qui en est éloignée de soixante demi-diametres, comparées l'une à l'autre, sont entre elles, en raison

inverse des quarrés des distances auxquelles ces deux corps sont placés.

(§. 362.) Manieres de déterminer la force centrifuge dans le cercle.

NOTE 6. *Mettre à la portée de tout le monde.*

On peut démontrer cette vérité de différentes manieres. On peut déterminer immédiatement la force centrifuge, ou connoître sa valeur, par la force centripete à laquelle elle est constamment égale dans le cercle. *Musſenbroek* nous fournit une démonstration directe assez simple, à laquelle nous nous bornerons, pour démontrer immédiatement que la force centrifuge est égale au quarré de la vîtesse divisée par le diametre du cercle que le mobile parcourt.

Premiere maniere. Pl. II. fig. 7, fig. 4.

Soit, dit-il (1), l'arc infiniment petit AB (plan. 7, fig 4): comme infiniment petit, on pourra le regarder comme une ligne droite = AD, qui est la tangente. On pourra, par la même raison, regarder ED, comme parallele à EA; par conséquent BD, qui désigne de combien le mobile A s'éloigne du centre, exprimera la force centrifuge de ce mobile. Si du point B, on tire BI, perpendiculaire sur EA, on aura AI = BD: mais EA : AD :: AD : BD, puisque les triangles EAD & ADB sont semblables : l'angle, en effet EAD est droit, & égal à l'angle ABE; par conséquent l'angle ABD sera droit aussi, & l'angle ADB est commun aux deux triangles : donc le troisieme angle AED = DAB, & les deux triangles EAD, ABD sont semblables. Pareillement les triangles EAB, ABI sont aussi

(1) Cours de Phyſ. expérim.

semblables ; car l'angle EBA est droit, & égal AIB : l'angle EAB est commun à l'un & à l'autre triangle ; par conséquent, le troisieme angle AEB=ABI, & les deux triangles étant équiangles, sont semblables. On aura donc aussi la proportion EA : AB :: AB : AI, & conséquemment $AI = \frac{AB^2}{EA}$. Donc la force centrifuge dans le cercle, est égale au quarré de l'arc que le mobile parcourt, divisé par le diametre du cercle, & conséquemment égale au quarré de la vîtesse, divisé par le diametre du cercle.

En considérant maintenant cette force, comme équilibrante, & conséquemment égale à la force centripete, voici comment on peut démontrer la même vérité.

Considérons, pour un moment, la pesanteur ou la force centripete, comme une force uniforme, quoiqu'elle soit de sa nature accélératrice. Cela posé, représentons la circonférence du cercle que le mobile parcourt, par un octogone BCEGHIK (plan. 7 fig. 5). Soient tirés les rayons AE, AC : soit prolongé le côté BC jusqu'en D, de façon que CD=BC. Soit abaissée de l'extrêmité D, la ligne DE, parallele au rayon CA : soit enfin tirée du point E, la ligne EF, parallele à CD. Seconde manière. Plan. 7, fig. 5.

Cela posé, la force centripete du mobile qui parcourt la circonférence du cercle, représenté par l'octogone indiqué, étant exprimée par CF=DE, & la vîtesse du même mobile étant désignée par le côté CE, on aura $CF = \frac{CE^2}{CA}$. En effet, les triangles isoceles ACE, CDE sont semblables : leurs côtés homologues sont donc pro-

portionnels, & on a la proportion CA : CE :: CE : DE ; mais par la conſtruction DE = CF ; donc, en ſubſtituant, on aura CA : CE :: CE : CF. Donc $CF = \frac{CE^2}{CA}$. Mais comme nous l'avons déjà obſervé, la force centripete eſt une force accélératrice, & qui, conſéquemment, n'étant que ſous-double de la valeur que nous venons de trouver, ſon expreſſion ſera $CF = \frac{CE^2}{2CA}$. Donc la force centripete, & conſéquemment la force centrifuge dans le cercle, eſt égale au quarré de la vîteſſe du mobile, diviſé par le diametre du cercle qu'il parcourt.

En ſubſtituant, pour plus grande commodité, les lettres initiales V, pour déſigner la vîteſſe, & R pour exprimer le rayon du cercle, l'expreſſion $\frac{CE^2}{2CA}$ deviendra $\frac{VV}{2R}$.

On peut, à l'aide de ce principe, trouver aſſez facilement la vîteſſe avec laquelle un corps parcourt la circonférence d'un cercle. Il ſuffit, pour cela, de connoître le diametre du cercle qu'il décrit.

Trouver la vîteſſe avec laquelle un corps parcourt la circonférence d'un cercle.

Appellant en effet F la force centrifuge, ſon expreſſion ſera $F = \frac{VV}{2R}$; & conſéquemment on aura $2FR = VV$. Donc $V = \sqrt{2FR}$, c'eſt-à-dire, que la vîteſſe d'un mobile qui décrit la circonférence d'un cercle, eſt égale à la racine du double de ſa force centripete, multipliée par le rayon.

Maintenant ſi on cherche une nouvelle équation à la quantité V, on trouvera, ainſi que M. *Hughens* l'a démontré, que cette quantité eſt égale à la vîteſſe que le même mobile pren-

droit, en tombant d'un mouvement uniformément accéléré de la hauteur du demi-rayon du cercle qu'il parcourt.

On sait, en effet, que l'espace parcouru, en vertu d'une force accélératrice, est en raison composée de la force accélératrice & du quarré du temps que le mobile emploie à le parcourir. Plus la force accélératrice aura d'activité, & plus le mobile parcourra d'espace dans le même temps. Or, comme les espaces parcourus en vertu d'une force accélératrice, sont comme les quarrés des temps employés à les parcourir, l'espace que le mobile parcourt est donc en raison composée de la force accélératrice, & du quarré du temps. Par conséquent, en désignant le temps par T; le demi-rayon $\left(\frac{R}{2}\right)$ dont il est ici question, ou l'espace que le mobile parcourt en tombant librement, pourra s'exprimer par FTT, & conséquemment le rayon entier (R), s'exprimera par 2FTT. Mais la vîtesse du mobile est égale au quotient de l'espace divisé par le temps qu'il emploie à le parcourir. Par conséquent, la vîtesse avec laquelle il parcourt le rayon R, est égale au quotient de ce rayon divisé par le temps employé à le parcourir. On aura donc $V = \frac{R}{T}$, & en substituant la valeur de R, on aura $V = \frac{2FTT}{T}$: en simplifiant, il restera $V = 2FTT$: d'où l'on déduira que $T = \frac{V}{2F}$, & conséquemment que $TT = \frac{VV}{4FF}$. Si on prend donc cette valeur de TT, pour la substituer à sa place dans l'équation $R = 2FTT$, on aura $R = \frac{2FVV}{4FF}$.

Par conséquent $\frac{1}{2}R=\frac{FVV}{4FF}$, & en simplifiant, on aura $\frac{1}{2}R=\frac{VV}{4F}$. Donc $VV=2FR$, & conséquemment $V=\sqrt{2FR}$.

Comparaisons entre les forces centrifuges de deux corps qui se meuvent avec des vîtesses inégales, dans des cercles inégaux.

L'expression de la force centrifuge, dans le cercle, étant $F=\frac{VV}{2R}$, si deux corps se meuvent dans des cercles inégaux, avec des vîtesses inégales, on exprimera la force centrifuge de l'un par $\frac{VV}{2R}$, & la force centrifuge de l'autre par $\frac{vv}{2r}$. Le rapport de ces deux forces sera donc comme celui de leurs expressions, & on aura $F:f::\frac{VV}{2R}:\frac{vv}{2r}$, & comme 2R représente le diametre, nous substituerons ici D à la place de 2 R. D'où il suit :

1°. Que si on compare les forces centrales de deux corps qui se meuvent dans des cercles, & qu'on ait $D=d$, on aura $F:f::VV:vv$.

2°. Si on a $V=v$, on aura $F:f::d:D$; puisque les quotiens de deux grandeurs égales sont entreux réciproquement comme les diviseurs.

3°. Si on a $VV:vv::D:d$, on aura $F=f$; car alors on aura *alternando* $VV:D::vv:d$, ou $\frac{VV}{D}=\frac{vv}{d}$. Donc $F=f$.

4°. Si $VV:vv::d:D$, on aura $F:f::d^2:D^2$. Par l'hypothèse, la raison de VV à vv, est égale à celle d à D. On peut donc substituer l'une pour l'autre dans l'équation générale ; ce qui donnera $F:f::\frac{d}{D}:\frac{D}{d}$, & en faisant évanouir les fractions, on aura $FDd:fDd::d^2:D^2$, ou $\frac{FDd}{fDd}=\frac{d^2}{D^2}$, & en simplifiant, il restera $\frac{F}{f}=\frac{d^2}{D^2}$; ce qui donnera $F:f::d^2:D^2$.

5°. Si $V : v :: d : D$, on aura $F : f :: d^3 : D^3$. Par l'hypothèse $V : v :: d : D$. Donc $VV : vv :: d^2 : D^2$. En substituant cette derniere raison à la premiere, dans l'expression générale, on aura $F : f :: \frac{d^2}{D} : \frac{D^2}{d}$, & en faisant évanouir les fractions, on aura $FDd : fDd :: d^3 : D^3$. Effaçant les termes communs dans la premiere raison, il restera $F : f :: d^3 : D^3$.

6°. Si $V : v :: \sqrt{d} : \sqrt{D}$, on aura $F : f :: d^2 : D^2$. Par l'hypothèse $V : v :: \sqrt{d} : \sqrt{D}$. Donc $VV : vv :: d : D$; ce qui retombe dans le cas du quatrieme corollaire.

On pourroit encore déduire quantité d'autres analogies, fort utiles, à la vérité, pour la connoissance des mouvemens des corps célestes; mais nous ne pouvons nous permettre de plus longs détails sur cette matiere. Nous terminerons ce qui la concerne, par l'exposition des deux fameuses loix de *Kepler*, dont *Newton* sut tirer le plus grand parti, & faire les applications les plus heureuses.

Premiere Loi.

Tout corps qui se meut dans une courbe, autour d'un centre, vers lequel il est continuellement poussé, borde des surfaces, ou des aires toujours proportionnelles aux temps. Premiere loi découverte par Kepler.

Supposons, en effet, que le corps A (plan. 7, fig. 6,) parcourt la ligne AB, dans un temps donné. Il est constant que si ce mobile n'est point détourné par aucune force accélératrice vers un centre, & que son mouvement ne soit point Plan. 7. fig. 6.

rallenti par aucun obstacle, il continuera à se mouvoir d'un mouvement uniforme, & il parcourra, selon la même direction, la ligne BL = AB, pendant le second instant, & ainsi de suite, dans tous les autres instans consécutifs. Mais supposons que pendant le second instant, il soit animé d'une force accélératrice, qui le porte vers C, de la quantité LD, parallele à BC. Cédant alors à l'action simultanée des deux forces qui le maîtrisent, il décrira la diagonale BD. Si on tire donc les lignes CA, CB, CL, CD, on aura le triangle CBA, égal au triangle CBL, ayant l'un & l'autre même base CB, & même hauteur, puisque BL = BA. Mais le le triangle CBL est égal au triangle CBD. Ils ont, en effet, l'un & l'autre même base CB, & ils sont compris entre les mêmes paralleles BC, LD. Les triangles CBA & CDB, sont donc aussi égaux. Or, ce sont les espaces, ou les aires de ces deux triangles que le mobile borde autour du centre C, dans le premier & dans le second instant, semblable au premier. Ces aires sont donc proportionnelles aux temps.

Seconde Loi.

Seconde loi de Kepler.

Les quarrés des temps périodiques, sont comme les cubes des distances.

On appelle *temps périodique*, celui qu'un mobile emploie à parcourir la périphérie, ou l'orbe qu'il décrit.

Ce ne fut point sans difficulté que *Kepler* découvrit cette importante loi. Il avoit observé

depuis long-temps, que Jupiter, cinq fois plus éloigné du ſoleil, que la terre, & décrivant un orbite cinq fois plus grand, employoit douze fois plus de temps que cette derniere planete à faire ſa révolution. Il imagina enfin, après pluſieurs idées qui lui étoient venues à cet égard, de comparer les puiſſances, au lieu de comparer les nombres mêmes qui déſignoient les temps périodiques de ces planetes, & leurs diſtances. Il ne fut point heureux dans cette premiere recherche : il abandonna cette idée pour quelque temps ; mais il fut obligé d'y revenir. Il recommença tous les calculs qu'il avoit déja faits, & il reconnut enfin, le 15 Mai 1618, qu'il y avoit toujours un rapport égal & conſtant entre les quarrés des temps périodiques de deux planetes quelconques, & les cubes de leurs diſtances moyennes, au ſoleil.

La diſtance, en effet, de la terre au ſoleil, eſt à celle de Jupiter au même aſtre, comme 100 eſt à 520, dont les cubes ſont dans le rapport de 10 à 1407. Or, les durées de leurs révolutions, ſont de $365\frac{1}{4}$, & de 4332 jours, dont les quarrés ſont pareillement dans le rapport de 10 à 1407. Par conſéquent, les quarrés des temps périodiques, ſont comme les cubes des diſtances.

On trouve la confirmation de cette regle dans les ſatellites, auſſi bien que dans les planetes principales. Si on prend, en effet, le quarré de 1 jour 18 heures 28 minutes, & celui de 16 jours, 16 heures, 32 minutes, qui expriment les temps périodiques du premier & du quatrieme ſatellite de Jupiter, & ſi l'on prend pareillement les cubes de leurs diſtances 5, 67 &

25, 30, on aura, en ne prenant que les premiers chiffres, les nombres 6642, 5775, 1820 & 1619 qui sont en proportion, & qui confirment que les temps périodiques sont comme les cubes des distances.

Fin du premier volume.

TABLE

DES MATIERES

Contenues dans ce premier Volume.

Préface. Page j
Introduction. 1
Objet de la Physique. ibid.
Différence de la Physique à l'Histoire Naturelle, & à la Chymie. ibid.
Moyens que la Physique emploie pour arriver à son but. 3
Premiere Section. *Des principes des corps, de leurs combinaisons, & de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.* 6
Objet de cette section. ibid.
Division de cette section. 7
Article premier. *Des véritables principes des mixtes, & de leurs combinaisons.* ibid.
Définition. ibid.
*Principes d'*Aristote. 8
Principes de Paracelse, *& des Chymistes du moyen âge.* ibid.
Principes de Beccher. 10
Principes des Modernes. 11
Observation sur l'eau principe. ibid.
Principes secondaires, ternaires, &c. 12
Parties intégrantes des mixtes. 14

Diverſité des corps. 14
Dureté. ibid.
Moleſſe. 15
Liquidité. ibid.
Fluidité. ibid.
ARTICLE SECOND. *De la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.* 16
Opinion des Atomiſtes. ibid.
Opinion des Modernes. 17
Opinion de Deſcartes. 18
Opinion de Newton. ibid.
PARAG. PREM. *De la cauſe de la cohérence, ſelon l'opinion des Carthéſiens.* 19
Syſtéme de Deſcartes. ibid.
Matiere premiere. ibid.
Matiere ſubtile, ou premier élément. 20
Matiere globuleuſe, ou ſecond élément. 21
Troiſieme élément. ibid.
Deſtinations de ces trois élémens. ibid.
Application de l'hypothèſe de Deſcartes, *aux phénomenes de la cohérence.* 23
Expérience. *Adhérence entre deux corps, occaſionnée par la preſſion d'un fluide extérieur.* 24
Obſervation ſur cette expérience. 25
Expérience. *Adhérence de deux plans de glace, travaillés l'un ſur l'autre.* ibid.
Réfutation de l'hypothèſe Carthéſienne. 26
Expérience. *Adhérence des mêmes plans dans le vuide.* 27
Subterfuge des Carthéſiens. 28
Réfutation. 29
PARAG. SECOND. *De la cauſe de la cohérence, ſelon l'opinion de* Newton. 30

Syſtême de Newton. 30
Idée générale de l'attraction. ibid.
Attraction active. 31
Attraction paſſive. 32
Attraction réciproque. ibid.
Diviſion générale de l'attraction. 33
Loi de l'attraction à de grandes diſtances. ibid.
Des attractions à de petites diſtances. 34
Loi de l'attraction à de petites diſtances. 35
Premiere obſervation ſur l'attraction de cohéſion. 37
Seconde obſervation. 38
Expérience qui démontre l'attraction de cohéſion entre deux ſolides. 40
Subterfuge des Carthéſiens. Réfutation. 42
Expériences de Muſſenbroek, *qui viennent à l'appui de notre opinion.* 43
Expérience du D. Taylor, *qui démontre l'attraction de cohéſion entre les parties d'un même liquide.* 46
Expérience qui confirme la même vérité, par la forme que les gouttes de liqueur affectent. 47
Subterfuge des Carthéſiens. 50
Réfutation. 51
Expérience de Grimaldi, *qui démontre l'attraction de cohéſion entre un fluide & un ſolide.* 52
Expérience. *Attraction de cohéſion, confirmée par le mélange de deux liqueurs, qui forment un* coagulum. 53
Confirmation de notre opinion, déduite de pluſieurs phénomenes de l'économie animale. 55

SECONDE SECTION. *Des propriétés générales des corps.* 59
Définition. ibid.
Propriétés générales. ibid.
Modes. ibid.
Propriétés particulieres. ibid.
Diviſion de cette ſection. 60
ARTICLE PREMIER. *De l'étendue & de la figure des corps.* ibid.
Opinion de Leibnitz. 61
Théorie des monades. 62
Maniere de conſidérer l'étendue. 65
De l'eſſence de la matiere. 66
Opinion de Deſcartes. ibid.
Réfutation. ibid.
Opinion plus probable. 67
Obſervation qui vient à l'appui de cette opinion. ibid.
Incertitude ſur cette opinion. 68
De l'homogénéité de la matiere. 69
Obſervation contre cette homogénéité. 71
De la figure des corps. 72
Figures ſimilaires. Fondement de cette opinion. 73
Opinion contraire : preuve ſur laquelle elle eſt fondée. ibid.
Diſparités entre les êtres ſenſibles. 74
Mêmes diſparités entre les êtres inſenſibles. 75
De la cryſtalliſation des ſels. 76
Expérience qui démontre les diſparités dans la figure des cryſtalliſations d'un même ſel. 77
Cryſtalliſations métalliques. 79

Maniere de multiplier ces ſortes d'obſervations. 79
Du goût. 80
Son organe. ibid.
La langue : ſa ſtructure. 81
Méchaniſme des ſenſations. 82
Expérience. *Effet de l'acide nitreux, combiné avec l'eſprit-de-vin.* 83
Variétés des ſenſations. 84
Occaſionnées par le mélange des corps ſapides. ibid.
Occaſionnées par la diſpoſition de l'organe. 85
ARTICLE SECOND. *De l'impénétrabilité.* 86
Impénétrabilité de l'air démontrée. 88
Expérience. *Bougie allumée plongée au fond d'une maſſe d'eau, ſans qu'elle s'éteigne.* 89
Obſervation ſur cette expérience. 91
De la cloche du Plongeur. 92
Défauts de cette machine. 94
Pénétrations apparentes. 97
ARTICLE TROISIEME. *De la poroſité.* 99
Ce qu'on entend par volume dans un corps. ibid.
Sa denſité. 100
Sa denſité reſpective. ibid.
Ce qu'on entend par rareté. ibid.
Univerſalité des pores. 101
Expériences qui prouvent la poroſité des ſubſtances animales. 102
Expérience. *Poroſité de la peau.* 103
De la tranſpiration inſenſible. ibid.
Sa quantité. 105
Ses variations. ibid.

Sa néceſſité. 109
Nouvelle preuve de ſon abondance. ibid.
Expérience. *Poroſité de la coquille d'un œuf.* 112
Moyen de conſerver les œufs frais. 113
Expérience qui prouve la poroſité des ſubſtances végétales. 114
Expérience de l'encre de ſympathie. 115
De la poroſité des ſubſtances minérales. 118
Expérience. *Diſſolution métallique.* 121
Obſervations ſur ces ſortes de diſſolutions. 122
Premier phénomene. Méchaniſme d'une diſſolution. ibid.
Second phénomene. Pour quelle raiſon tous les menſtrues n'agiſſent-ils pas également ſur tous les corps ? 126
Opinion de Lemery. 127
Explication de ce phénomene, déduite des affinités chymiques. 129
Troiſieme phénomene. Le même menſtrue agit bien différemment ſur les corps qui peuvent être ſoumis à ſon action. 132
Moyens de ſéparer un corps diſſous de ſon diſſolvant. 134
Poroſité des pierres. 135
Anneau de verre, ſcellé hermétiquement, & rempli d'eau. 136
Bouteille bien bouchée, qui ſe remplit d'eau à la profondeur de 40 braſſes. 137
Expérience qui démontre la poroſité des liquides. 139
APPENDIX PREMIER. *Du vuide.* 141
Opinion de Deſcartes. 142
Réfutation.

Réfutation. 143
Exiſtence actuelle du vuide. 145
APPENDIX SECOND. *Des affinités chymiques.* 147
Deux eſpeces d'affinités en général. 148
Affinité d'agrégation. ibid.
Affinité de compoſition. 149
Expérience qui prouve que dans l'affinité de compoſition, le mixte participe aux propriétés de ſes principes. 150
Autre expérience qui prouve la même vérité. ibid.
Obſervation ſur les alliages. 151
Affinité d'intermede. 152
Affinité de précipitation. 154
Expérience qui prouve cette eſpece d'affinité dans la formation de l'arbre de Diane. ibid.
Concluſion du principe général de l'affinité de précipitation. 156
Expérience. *Précipitation du cuivre par l'intermede du fer.* 157
Même précipitation. ibid.
Expérience. *Précipitation du fer par l'eau de chaux.* 158
Expérience. *Précipitation de la terre par l'alkali volatil.* 160
Expérience. *Précipitation de l'alkali volatil par l'alkali fixe.* ibid.
Expérience. *Décompoſition du nitre.* 161
ART. QUATRIEME. *De la diviſibilité.* 162
Diviſibilité de la matiere à l'infini. 163
Premiere démonſtration. 165
Seconde démonſtration. ibid.

Troiſieme démonſtration. 165
Solution de quelques difficultés. 167
Autre maniere de conſidérer la diviſibilité. 169
Elle n'eſt point phyſiquement infinie. 170
Obſervation ſur l'inaltérabilité des principes des mixtes. ibid.
Prodigieuſe diviſibilité démontrée par les procédés des Arts. 172
Procédé du Batteur d'or. 173
Procédé du Tireur d'or. 174
Même vérité prouvée par les teintures. 176
Expérience. 179
Autre. ibid.
Autre preuve tirée des diſſolutions des métaux. 181
Expérience. ibid.
Autres preuves déduites de la dextérité extraordinaire de pluſieurs Artiſtes. 182
Nouvelles preuves déduites des opérations de la Nature. 183
Diffuſion des odeurs. ibid.
Expérience. *Evaporation d'une liqueur odorante.* 185
Calcul de cette évaporation, propre à donner une idée de la ténuité des particules odorantes. 186
Emanations des ſubſtances perſpirables. 188
Même vérité démontrée par les obſervations microſcopiques. 189
Multiplication des ſurfaces, occaſionnée par la diviſion. 190
ARTICLE CINQUIEME. *De la mobilité.* 192
Définition. ibid.

Elle ſouffre du plus ou du moins. 192
Par rapport à la maſſe. ibid.
Par rapport à la figure. 193
Par rapport à la ſurface. 194
Par rapport au volume. ibid.
De la force d'inertie. 195
Concluſion. 202
TROISIEME SECTION. *Du mouvement.* ibid.
Idée du repos. ibid.
Du mouvement : ſa nature. 203
Sentiment de Deſcartes. 204
Sentiment plus général. ibid.
Idée qu'on peut ſe former du mouvement. 205
Diviſion générale du mouvement. ibid.
Autre diviſion. 206
Diviſion de cette ſection. 207
ARTICLE PREMIER. *Du mouvement ſimple & compoſé.* 208
Diviſion de cet article. ibid.
PARAG. PREM. *Du mouvement ſimple.* ibid.
Définition. ibid.
Diviſion de ce paragraphe. ibid.
NOMBRE PREMIER. *De la viteſſe.* 209
Viteſſe abſolue. ibid.
Viteſſe relative. 210
NOMBRE SECOND. *De la quantité du mouvement.* 213
Conſidérations ſur la maſſe du mobile. ibid.
Développement des forces d'un corps en mouvement. 214
Corollaire premier. 216
Corollaire ſecond. ibid.
Corollaire troiſième. 217
Corollaire quatrieme. ibid.

NOMBRE TROISIEME. *Des loix du mouvement ſimple,* 218
Premiere loi du mouvement ſimple. ibid.
Seconde loi. ibid.
Troiſieme loi. 219
PARAG. SECOND. *Du mouvement compoſé.* 220
Conſidération ſur cette eſpece de mouvement. ibid.
Loi générale du mouvement compoſé. 221
Expérience qui démontre cette loi générale. 225
Vols obliques dans les grands ſpectacles. ibid.
Difficulté contre l'expérience précédente. 226
Autre expérience qui confirme la même vérité. 227
Même vérité confirmée par l'expérience, lorſque les forces ſont inégales. ibid.
Applications de cette loi générale. 229
De l'action de pluſieurs puiſſances ſimultanées contre un mobile. 232
De la décompoſition des forces. 234
Corollaire premier. Comparaiſon des forces compoſées, & des forces décompoſées. 237
Corollaire ſecond. 238
ARTICLE SECOND. *De la communication du mouvement.* 240
Suppoſitions néceſſaires pour démontrer, par expériences, les loix de la communication du mouvement. ibid.
Diviſion de cet article. 243
PARAG. PREM. *Des loix du choc entre des corps mous.* ibid.

Différence qu'on observe, dans la communication du mouvement, entre des corps durs & des corps mous. 243
Expérience qui prouve que le mouvement se communique progressivement dans les corps mous. 244
Division générale pour examiner avec ordre le choc des corps. 246
Premiere loi du choc entre des corps mous. 247
Seconde loi. 249
Observation nécessaire pour l'intelligence des expériences suivantes. 250
Expérience qui démontre qu'un corps qui tombe, acquiert assez de force, pendant sa chûte, pour remonter à la même hauteur. ibid.
Expérience. *Choc entre des masses égales, l'une étant en repos.* 252
Expérience. *Choc entre les mêmes masses, mues dans le même sens.* 254
Expérience. *Choc entre des masses inégales, la plus petite étant en repos.* 256
Expérience. *Choc entre des masses inégales, la grosse étant en repos.* 258
Expérience. *Choc entre des masses inégales, toutes les deux en mouvement, la grosse faisant l'office du corps choquant.* 259
Expérience. *Même supposition, la petite faisant l'office du corps choquant.* 260
Troisieme loi. Lorsque les corps sont mus en sens contraire. 261
Quatrieme loi. 262
Expérience. *Choc entre deux masses égales,*

qui ſe meuvent en ſens contraire, avec des vîteſſes égales. 263
Expérience. *Choc entre les mêmes maſſes, mues avec des vîteſſes différentes.* ibid.
Expérience. *Choc entre des maſſes inégales, mues en ſens contraire, avec des vîteſſes réciproques aux maſſes.* 264
Expérience. *Les mêmes, avec des vîteſſes égales.* 265
PARAG. SECOND. *De l'élaſticité & des loix du choc entre des corps à reſſort.* 267
Définition. ibid.
Différentes manieres de mettre en jeu la force élaſtique. ibid.
L'élaſticité n'eſt point parfaite dans les corps. 268
D'où dépendent les variétés dans le reſſort des corps. 269
Le reſſort s'uſe dans les corps. 271
Cauſe du reſſort des corps. 272
Attribuée à l'air. ibid.
Attribuée à la matiere ſubtile. 273
Réfutation de cette opinion. 274
Modification de l'hypothèſe précédente. 276
Autre hypothèſe qui attribue cet effet à la matiere du feu. Réfutation. 277
Autre qui le fait dépendre de l'attraction. 279
Ce qui paroît plus naturel de penſer ſur cette propriété. 280
Similitude entre les corps mous & les corps à reſſort. 281
Différence entre les uns & les autres. ibid.
Expérience qui prouve que la figure d'un

corps à reſſort s'altère dans le choc. 282
Les corps à reſſort participent aux loix du choc entre des corps mous. 283
Deux temps à diſtinguer dans le choc entre des corps à reſſort. 284
La reſtitution nuit au mouvement du corps choquant, & favoriſe celui du corps choqué. 285
La reſtitution leur imprime une force égale à celle que la compreſſion communique. ibid.
Maniere de déterminer les effets du choc entre des corps élaſtiques. 286
Expérience. *Effets du choc entre deux maſſes égales, l'une en repos.* ibid.
Expérience. *Effets du choc entre pluſieurs corps élaſtiques égaux en maſſes.* 288
Autre expérience. 289
Troiſieme & quatrieme expérience. 291
Expérience. *Effet du choc entre deux maſſes égales, mues dans le même ſens.* 292
Expérience. *Effet du choc entre deux maſſes égales, mues en ſens contraire, avec des viteſſes égales.* 294
Expérience. *Même ſuppoſition, les viteſſes étant inégales.* 295
Effet du choc entre des maſſes inégales. 296
Expérience. *Choc entre des maſſes inégales; la groſſe choquant la petite en repos.* 297
Expérience. *Même ſuppoſition, la petite faiſant l'office de corps choquant.* 298
Expérience. *Les deux mêmes maſſes en mou-*

vement, dans le même ſens, la groſſe faiſant l'office de corps choquant. 300
Expérience. *Même ſuppoſition, la petite étant le corps choquant.* 301
Expérience. *Les mêmes maſſes mues en ſens contraire, avec des viteſſes égales.* 302
Expérience. *Les mêmes mues avec des viteſſes réciproques aux maſſes.* 305
Phénomenes curieux découverts par Huyghens. 307
Du choc contre un obſtacle invincible. 308
ARTICLE TROISIEME. *Du mouvement réfléchi.* 311
Loi générale. ibid.
Le mobile ſe mouvant perpendiculairement à l'obſtacle. 312
Le même ſe mouvant obliquement. ibid.
Expérience qui confirme la loi précédente. 314
Premier probléme. Faire une bille donnée par une ſeule bricole. 315
Second probléme. La même par une double bricole. 316
ARTICLE QUATRIEME. *Des obſtacles à la perpétuité du mouvement.* 318
Diviſion de cet article. 319
PARAG. PREM. *De la réſiſtance des milieux.* ibid.
Réſiſtance dépendante de la viſcoſité du milieu. 320
Elle eſt uniforme & proportionnelle au temps. ibid.
Non à la viteſſe, comme quelques-uns l'ont prétendu. 321

Dépendante de la denſité du milieu. 324
Expérience qui le confirme. 325
Dépendante de la ſurface du mobile. 326
Expérience qui démontre cette vérité. 327
Dépendante de la viteſſe du mobile. ibid.
Selon quelle proportion la viteſſe augmente la réſiſtance. 328
Obſervation. 331
Concluſion. 332
Obſervation. 333
PARAG. SECOND. *Des frottemens.* 334
Idée générale des frottemens. 335
D'où procedent leurs différences. 337
Difficultés qu'on éprouve dans la théorie des frottemens. 339
Deux eſpeces de frottemens. 340
Expérience. *Le frottement de la premiere eſpece, plus nuiſible au mouvement que celui de la ſeconde.* 341
Frottemens conſidérés par rapport aux ſurfaces frottantes. 342
Expérience. *Comparaiſon des frottemens occaſionnés par des ſurfaces frottantes.* ibid.
Raiſonnement qui paroît appuyer la théorie de M. Amontons. 343
Expérience qui paroît la confirmer. 344
Obſervation contre cette expérience. 345
Frottemens conſidérés par rapport aux poids qui chargent les ſurfaces. 346
Frottemens conſidérés par rapport à la viteſſe du corps frottant. 348
Concluſion. 349
Premiere obſervation. ibid.
Seconde obſervation. 351

ARTICLE CINQUIEME. *Du mouvement réfracté.* 352
Des causes qui altérent la direction du mobile. ibid.
De la réfraction. 353
Elle n'a pas toujours lieu, malgré la diversité des milieux. ibid.
Expérience. *La réfraction ne peut avoir lieu sans l'obliquité d'incidence.* 354
Elle a lieu chaque fois que le mobile se meut obliquement. 355
De quelle maniere on doit estimer la perpendiculaire. ibid.
Premiere observation. La réfraction ne se fait point suivant une ligne droite. 358
Seconde observation. Doit-on avoir toujours égard à la réfraction? 359
Troisieme observation. Danger de tirer trop obliquement à la surface de l'eau. 362
Des ricochets. 363
ARTICLE SIXIEME. *De la pesanteur, ou de la gravité.* 364
Du mouvement accéléré & retardé. ibid.
Division de cet article. 365
PARAG. PREM. *De l'universalité de l'action de la pesanteur.* 366
Expérience qui démontre que les vapeurs sont pesantes. 367
Autre expérience qui confirme la même vérité. 368
Expérience qui démontre que la fumée est pesante. ibid.
Différence entre le poids d'un corps, & sa pesanteur. 369

PARAG. SECOND. *De l'uniformité de l'action de la peſanteur ſur tous les corps.* 370
Erreur des Anciens ſur la peſanteur. ibid.
Elle ne fut point générale. 371
Maniere d'enviſager la peſanteur dans les corps. 373
Expérience. *La chûte des corps ſe fait avec la même viteſſe dans le vuide. Raiſon de ce phénomene.* 375
L'action de la peſanteur n'eſt pas la même dans tous les climats. 377
Conteſtation à ce ſujet. 378
Découverte de Newton. 380
Premiere idée ſur l'affoibliſſement de la peſanteur vers l'équateur. ibid.
Obſervation de M. Bouguer. 382
Cauſes du phénomene précédent. ibid.
PARAG. TROISIEME. *Des effets de la peſanteur ſur les corps qu'elle maîtriſe.* 383
Diviſion de ce paragraphe. ibid.
NOMBRE PREMIER. *Des effets de la peſanteur ſur les corps qui ſe meuvent librement & perpendiculairement à l'horiſon.* 384
Principe général. ibid.
Corollaires I & II. ibid.
Autre principe. Démonſtration. 385
Obſervation. 388
Autre démonſtration. 389
Viteſſe accélérée & uniforme. 391
Corollaires I & II. 392
Corollaire III. 393
Corollaire IV. 396
Probléme I. Découvrir par le temps de la chûte, l'eſpace parcouru. 397

Problême II. Découvrir l'eſpace par le temps de la chûte. 398
Le mouvement accéléré ſe change quelquefois en uniforme. 399
Obſervation ſur ce phénomene. 400
Du mouvement retardé. 402
Problême. Trouver à quelle hauteur un corps s'eſt élevé, par le temps qu'il a employé à revenir vers la ſurface de la terre. 403
NOMBRE SECOND. *Des effets de la peſanteur ſur les corps qui ſe meuvent obliquement à l'horiſon.* 404
Du mouvement ſur un plan incliné. ibid.
Rallentiſſement de la peſanteur ſur un plan incliné. 406
Maniere de déterminer ce rallentiſſement. 407
Démonſtration de cette vérité. 409
Problême. Aſſigner l'eſpace parcouru ſur un plan incliné, dans le temps que le même corps tomberoit librement de la hauteur de ce plan. 411
Les cordes d'un même cercle ſont parcourues dans le même temps que le diametre verticale. 413
La viteſſe acquiſe à l'extrémité d'un plan incliné, eſt égale à celle que le mobile eut acquiſe en tombant de la hauteur de ce plan. 414
Mu ſur pluſieurs plans inclinés & contigus, ce mobile acquiert, à la fin de ſa chûte, une viteſſe égale à celle qu'il acquerroit, s'il tomboit d'une hauteur égale à celle de tous ces plans. 415
Même effet dans le cercle. 416

Application de cette vérité, au mouvement d'oſcillation. 417
La matiere du pendule n'influe point ſur la durée de ſes vibrations. 419
Un pendule emploie moins de temps à parcourir l'arc d'un cercle, que la corde de ce même arc. ibid.
Expérience qui juſtifie cette théorie. 422
Les vibrations des pendules de différentes longueurs, ſont entre elles, quant à leur durée, comme la racine quarrée de leurs longueurs. 423
Application de ce principe. 424
Premier problême. ibid.
Second probléme. 425
Troiſieme probléme. 426
Application du pendule aux horloges. 428
De l'échappement. 430
De la cycloïde. Hiſtoire de cette courbe. 433
Maniere de la décrire. 434
C'eſt la ligne de la plus prompte deſcente. 437
Application de la cycloïde aux pendules. 438
Moyens de remédier aux défauts des pendules. Premier moyen. 440
Second moyen. 441
Troiſieme moyen. 442
PARAG. QUATR. *De la combinaiſon de la peſanteur avec une autre force.* 444
Du mouvement mixte. ibid.
Effet de la force projectile combinée avec la peſanteur. 445
Animé de ces deux forces, le mobile décrit une courbe. 446

Nature de cette courbe. 448
Différentes applications de ce phénomene. 451
Autres applications plus familieres du même phénomene. 454
PARAG. CINQU. *De la cauſe de la peſanteur.* 455
Deux opinions générales ſur la cauſe de la peſanteur. 457
Expoſition de la premiere. ibid.
Réfutation. 459
Expérience de Deſcartes *qui contrarie ſon opinion.* 460
Difficulté contre cette expérience. 462
Expérience qui confirme la théorie précédente. 465
Hypothèſe de Deſcartes, *modifiée par* Huyghens. 466
Réfutation. 467
Hypothèſe de Regis. *Réfutation.* 469
Hypothèſe de Varignon. 471
Réfutation. 474
Opinion de Bulfinger. 475
Réfutation. 476
La peſanteur n'eſt que l'effet de l'attraction générale. 478
Loi générale d'attraction à de grandes diſtances. 481
APPENDIX. *Des forces vives.* 484
Deux eſpeces de forces. Forces mortes. 485
Forces vives: Grande diſpute à ce ſujet entre les plus célebres Phyſiciens. 486
Preuve la plus ſolide en faveur des forces vives. 489

Réfutation. 490
Difficulté ſur le temps. 494
Solution de cette difficulté. 495
Expérience qui confirme notre théorie ſur la maniere d'évaluer les forces vives. 499
ARTICLE SEPTIEME. *De la force centrifuge.* 501
Idée du mouvement circulaire. 502
Expérience qui démontre la force centrifuge dans un corps mu circulairement. 504
Expérience qui démontre la force centrifuge de deux ſolides. 505
Seconde expérience. La force centrifuge en équilibre avec elle-même. 506
Troiſieme expérience. Cette force ſe décele également dans les liquides. 507
Applications de la force centrifuge. 508
Eclabouſſures. Soleils d'artifice. 509
Pompe de Heſſe. Moulin de M. Duhamel. 510
La machine du déluge de l'Abbé le Brun. 511
Le ventilateur de Deſaguilliers. 512
Expérience. *La force centrifuge augmente à raiſon de la maſſe.* 513
Expérience. *Elle augmente à raiſon de la viteſſe.* 514
Principe fondamental de la théorie de Deſcartes, *ſur la cauſe de la peſanteur.* 515
NOTES *ſur la premiere Section.* 516
Note 1. *Opinion de* Thales *ſur l'eau, conſidérée comme principe univerſel... Renouvellée par* Van-Helmon. ibid.
Soutenue de l'autorité de Boyle *& de* Eller. 517

Preuves de M. Eller, *ſur la converſion de l'eau en terre.* 522
Obſervation contre ſa premiere preuve. 523
Seconde preuve. 524
Obſervation contre cette ſeconde preuve. 525
Note 2. *Ethiologie des ſels..... Définition générale.* ibid.
Opinion de Stahl *ſur l'unité des principes ſalins.* 526
Diviſion générale des ſels. ibid.
Sels ſimples. Les acides. ibid.
Leur caractere particulier. 527
Diviſion des acides... Acide vitriolique. ibid.
Propriété ſinguliere de cet acide... Ses combinaiſons. 528
Acide nitreux. 529
Acide marin... ſulfureux. 530
Acides végétaux... animaux... alkali. 531
Diviſion des alkalis... alkali minéral... végétal. 532
Différences entre ces deux eſpeces... Caracteres généraux des alkalis fixes... alkali volatil. ibid.
Sels compoſés....ſels neutres. 533
Note 3. *Loi unique & générale pour les attractions à grandes & à petites diſtances.* 534
Premiere raiſon de cette vérité. ibid.
Seconde raiſon. 536
Obſervation ſur la difficulté que les Carthéſiens oppoſent à la duplicité de la loi générale de l'attraction. 538
NOTES *ſur la ſeconde Section.* 540
Note 1. *Du chyle & de la digeſtion qui le*

le produit.... Deſcription de l'eſtomac. 540
Deſcription des inteſtins.... Diverſes opinions ſur la digeſtion. 541
Syſtéme de la putréfaction. 542
Syſtéme de la fermentation.... De la trituration. 543
Méchaniſme d'une digeſtion chymique.... Application de ce méchaniſme à la digeſtion animale. 545
Analogie de la digeſtion avec les émulſions... Digeſtion artificielle. 547
Deſtination du chyle. 548
Note 2. *Deſcription du cœur... Ses fibres... Ses ventricules.* 550
Ses oreillettes. 551
Le trou Botall.... Les vaiſſeaux. 552
Les valvules. 553
Vaiſſeaux propres du cœur.... Mouvement de diaſtole & de ſyſtole. 554
Note 3. *Du ſang.... Son analyſe.* 555
Obſervation ſur les globules rouges. 556
Quantité du ſang.... Viteſſe avec laquelle il circule. 557
Routes de la circulation. 559
Arteres. 560
Veines. 562
Expérience de la circulation du ſang. 564
Note 4. ibid.
De la formation du corps, & de l'accroiſſement de ſes parties. 565
De l'état de conſiſtance. 568
Du dépériſſement du corps. 569
De la nutrition. 570

Des ſecrétions..... Méchaniſme des ſecrétions attribué à différens levains. 572
Réfutation.... Attribué à une eſpece de duvet placé dans chaque glande. 573
Expérience qui vient à l'appui de cette opinion. 574
Attribué à la figure & aux dimenſions des vaiſſeaux.... Opinion plus probable. 575
Note 5. *De la pierre philoſophale.* 577
Etat de la queſtion.... Solution. 579
Note 6. *Idée générale de la cryſtalliſation.* 582
Méchaniſme de la cryſtalliſation d'un ſel par évaporation. 583
Eau de la cryſtalliſation. 584
Condition néceſſaire à la cryſtalliſation. 585
Cryſtalliſation par refroidiſſement. 586
Note 7. *Du nitre, ou ſalpêtre.... Endroits qui fourniſſent le nitre, & en quel état on l'y trouve.* 587
Fabrication du nitre. 588
Nitre en baguettes..... Eau-mere du nitre. 589
Nitre de la premiere, de la ſeconde cuite.... Ses caracteres. 590
Note 8. *Des nerfs.* 591
Du cerveau. 592
Du cervelet. 594
De la moëlle allongée.... De celle de l'épine. 595
Glande pituitaire..... De la ſtructure des nerfs. 596
De leurs diviſions.... De leur origine. 597
Nerfs vertebraux. 598

Uſage des nerfs. 600
De l'action des nerfs. 601
Les nerfs ne ſont point des cordes d'inſtrument. 602
Hypotheſe des eſprits animaux. 603
Note 9. *Du mercure.* 606
Mines de mercure. 607
Note 10. *Sel de Saturne.* 608
Note 11. *De la chaux.* ibid.
De l'orpiment. 610
Doſe pour l'encre de ſympathie. ibid.
Note 12. *Pierre de Bologne : ſa propriété.... Hiſtoire de cette pierre.* 611
Préparation de cette pierre. 612
Note 13. *Gravure à l'eau-forte.* ibid.
Note 14. *Maniere de deſſiner & de teindre le marbre.* 616
Premiers procédés de M. Dufay. 617
Autres procédés du même. 618
Note 15. *De la vitrification.... Des fondans.* 619
Fondans ſalins dont on ſe ſert communément.... Mélange de terre vitrifiable avec la terre calcaire. 620
Choix des matieres ſelon la qualité du verre. 621
De la frite. 622
De la recuite. 623
Note 16. *Affinité réciproque... Expérience qui démontre cette eſpece d'affinité.* 624
Note 17. *De l'huile de tartre.* 625
Note 18. *Du ſel ammoniac.* ibid.
Naturel.... Factice. 626

Eſprit volatil de ſel ammoniac. 627
Note 19. *Ténuité des globules dans les fluides des animaux microſcopiques.* ibid.
Note 20. *Idée de l'accroiſſement des ſurfaces, occaſionné par la diviſion.* 628
NOTES *ſur la troiſieme Section.* 630
Note 1. *Formule générale pour déſigner la vîteſſe d'un mobile.... Applications pour découvrir les vîteſſes de deux mobiles.* ibid.
Pour découvrir les eſpaces parcourus.... Pour découvrir les temps employés à parcourir des eſpaces donnés. 632
Note 2. *Formule générale pour découvrir la quantité du mouvement.... Applications.* 633
Note 3. *Formules pour les loix du choc des corps mous.* 634
Note 4. *Propriétés dépendantes de l'élaſticité des fibres animales.* 635
Note 4 bis. *Maniere de ſupputer le frottement d'une machine.* 637
Note 5. *Rapport entre l'action de la peſanteur, conſidérée à la ſurface de la terre, & à la diſtance moyenne de la lune.* 639
Note 6. *Manieres de déterminer la force centrifuge dans le cercle.* 642
Premiere maniere. ibid.
Seconde maniere. 643
Trouver la vîteſſe avec laquelle un corps parcourt la circonférence d'un cercle. 644
Comparaiſons entre les forces centrifuges de deux corps qui ſe meuvent avec des

viteſſes inégales dans des cercles inégaux. 646
Premiere loi découverte par Kepler. 647
Seconde loi. 648.

Fin de la Table du premier Volume.

ERRATA.

PAGE 98, lig. 5, que cette liqueur, *lisez* dont cette liqueur.

Page 119, ligne 9, Boulogne, *lis.* Bologne.

Page 137, lig. 3, après avoir été, *lis.* avant d'avoir été.

Page 161, lig. 24, de tous le monde, *lis.* de tout le monde.

Page 193, lig. 20, pag. 194, lig. 7, ſe mouvera, *lis.* ſe mouvra.

Page 616, lig. 25, étant donc relâchées, *lis.* étant alors relâchées.

Page 637, lig. 24, note 4, *lis.* note 4 bis.

Page 639, à l'addition marginale, rapports, *lis.* rapport.

APPROBATION.

J'ai lu, par ordre de Monſeigneur le Garde des Sceaux, un Manuſcrit intitulé : *Elémens de Phyſique théorique & expérimentale*, par M. SIGAUD DE LA FOND. J'eſtime que cet Ouvrage utile ſera favorablement reçu du Public. A Paris, ce premier Mai 1766. VALMONT DE BOMARE.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, grand Conſeil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra : SALUT. Notre amé le ſieur SIGAUD DE LA FOND Nous a fait expoſer qu'il déſireroit faire imprimer & donner au Public un ouvrage intitulé : *Elémens de Phyſique Théorique & Expérimentale*, s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Privilege pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces Préſentes, de faire imprimer ledit ouvrage autant de fois que bon lui ſemblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de ſix années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes. Faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires & autres perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere, dans aucun lieu de notre obéiſſance, comme auſſi d'imprimer, ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter, ni contrefaire ledit ouvrage, ni d'en faire aucuns extraits, ſous quelque prétexte que ce puiſſe être, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende, contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Expoſant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts : A la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impreſſion dudit ouvrage ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en beau papier & beaux caracteres, conformément aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725, à peine de déchéance du préſent Privilege ; qu'avant de l'expoſer en vente, le Manuſcrit qui aura ſervi de copie à l'impreſſion dudit ouvrage, ſera remis dans le même état où l'Approbation y

aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le ſieur HUE DE MIROMENIL, qu'il en ſera enſuite remis deux exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France, le ſieur DE MEAUPEOU, & un dans celle dudit ſieur HUE DE MIROMENIL; le tout à peine de nullité des Préſentes. Du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Expoſant, & ſes ayans cauſe, pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Préſentes, qui ſera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit ouvrage, ſoit tenue pour duement ſignifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conſeillers-Secrétaires, foi ſoit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent ſur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & néceſſaires, ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant clameur de haro, charte normande, & lettres à ce contraires: Car tel eſt notre plaiſir. Donné à Paris, le quinzieme jour du mois de Mai, l'an de grace mil ſept cent ſoixante-ſeize, & de notre regne le troiſieme. Par le Roi en ſon Conſeil.

LE BEGUE.

Regiſtré ſur le Regiſtre XX de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 648, fol. 150, conformément au Réglement de 1723. qui fait défenſes, article IV, à toutes perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, faire afficher aucuns Livres, pour les vendre en leurs noms, ſoit qu'ils s'en diſent les Auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à la ſuſdite Chambre huit exemplaires preſcrits par l'article CVIII du même Réglement. A Paris, ce 17 Mai 1776. HUMBLOT, *Adjoint.*

Je cede & tranſporte, à toujours & ſans reſtriction, le préſent Privilege à M. LONVAY DE LA SAUSSAYE. *A Paris, ce 6 Juin* 1776. SIGAUD DE LA FOND.

De l'Imprimerie de GUEFFIER, 1777.

Fig. 1.

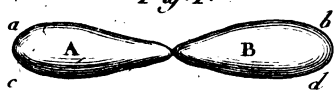


Fig. 2.

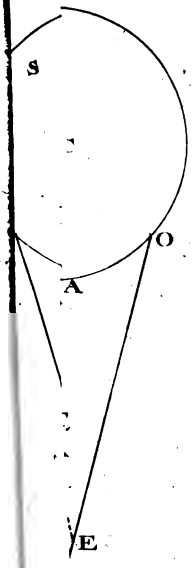


Fig. 4.

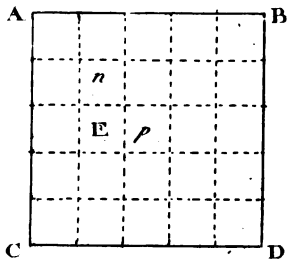


Fig. 5.

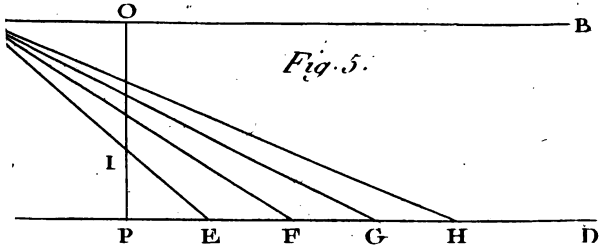


Fig. 1.

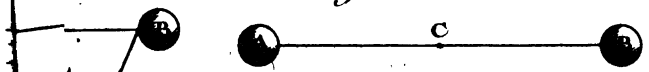
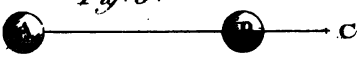


Fig. 2.

Fig. 3.



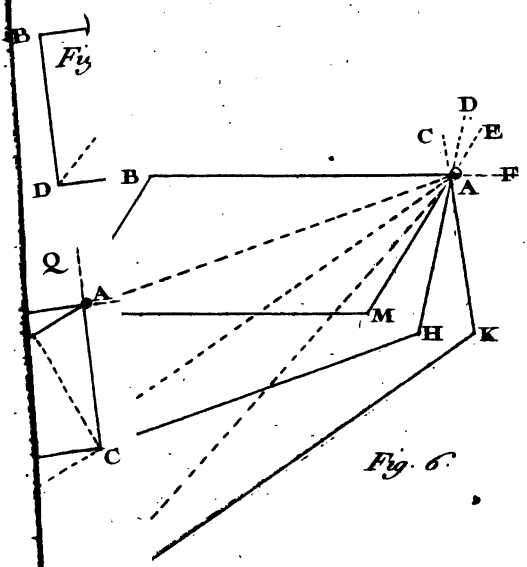


Fig. 6.

Fig. 1.

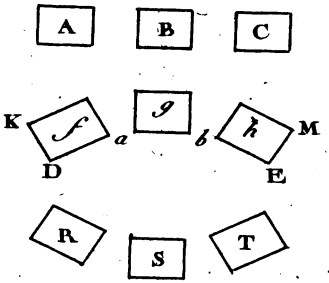


Fig. 6.

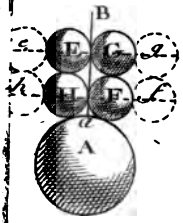


Fig. 7.

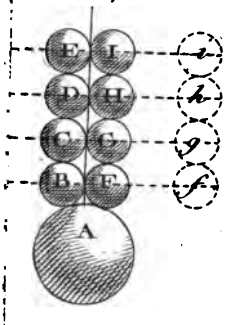
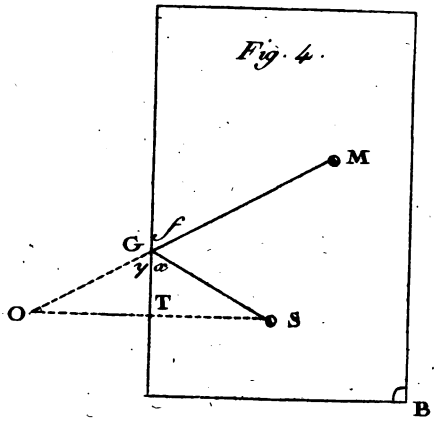
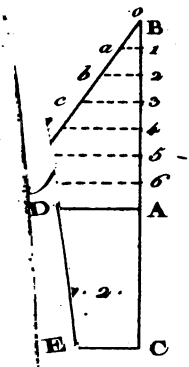


Fig. 4.





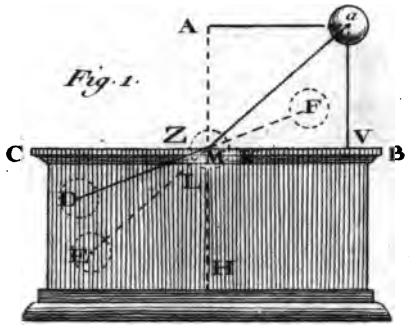
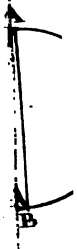


Fig. 1.



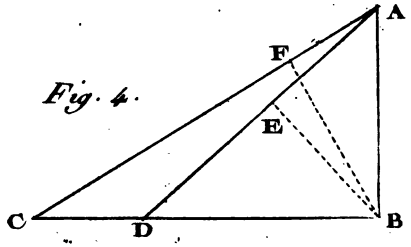
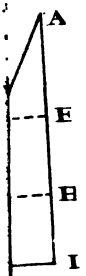


Fig. 4.



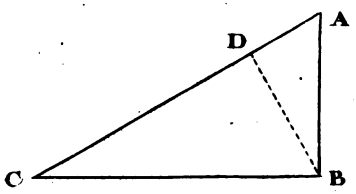


Fig. 6.

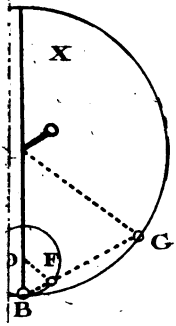


Fig. 1.

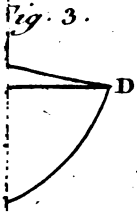


Fig. 3.

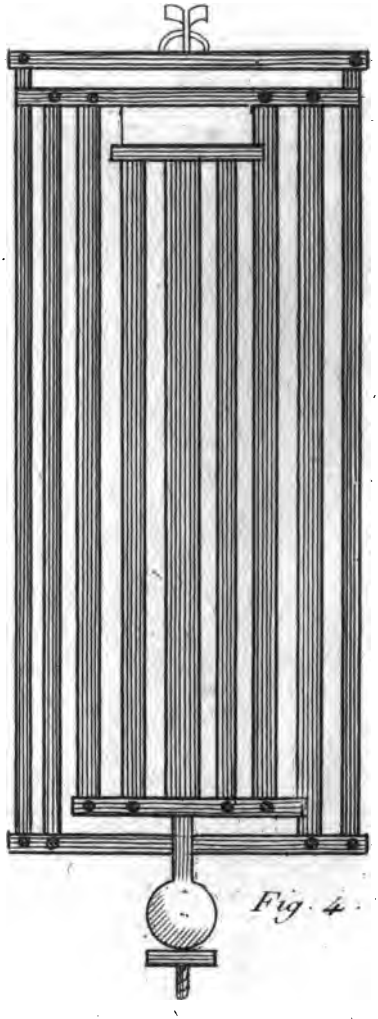


Fig. 4.

Fig. 3.

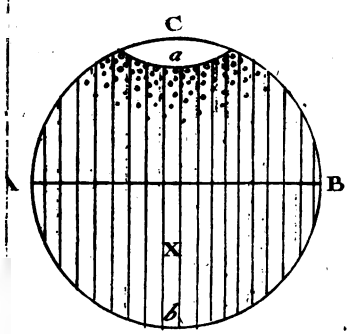
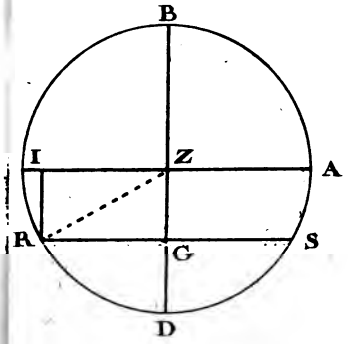


Fig. 4.



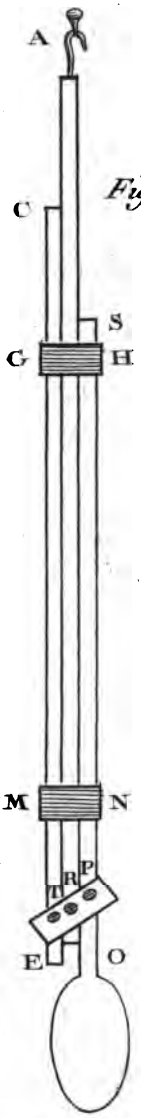


Fig. 1.

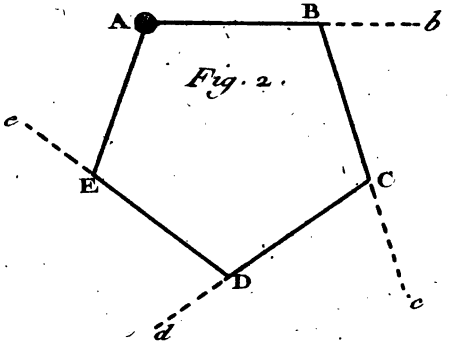


Fig. 2.

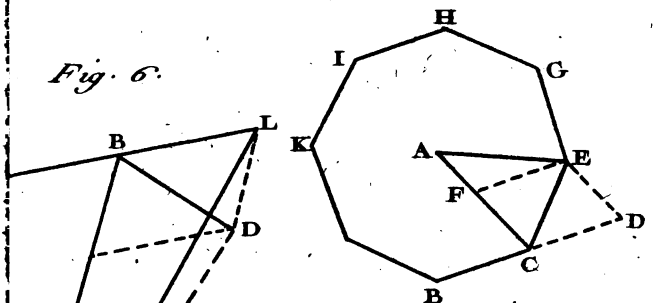


Fig. 6. Fig. 5.

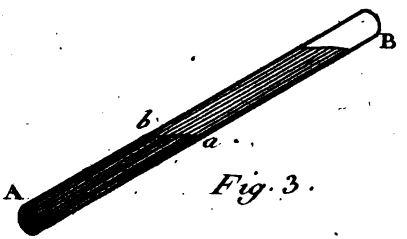


Fig. 3.